Lo smantellamento delle piattaforme estrattive in Adriatico

Aprile 2018 € 4,90

Le Scienze

www.lescienze.it

edizione italiana di Scientific American

La Babele di Internet

I social network accentuano la polarizzazione delle opinioni, favorendo lo scontro tra le tribù in rete

Astrofisica

Come si sono formati i primi buchi neri supermassicci

Ambiente

I progetti globali per tutelare la biodiversità degli oceani

POSTE ITALIANE SPED. IN A.P. - D.L. 353/2003 CONV. L. 46/2004, ART. 1, C. 1, DCB - ROMA
RIVISTA MENSILE - NUMERO 596 - 3 APRILE 2018

In copertina, una struttura di Internet; i colori indicano aree continentali e collegamenti: l'Europa è in verde, il Nord America in blu, l'America Latina in viola, l'Asia Pacifica in rosso e l'Africa in arancione. (Barrett Lyon/The Opte Project)

Sommario

aprile 2018 numero 596

Alberto Incrocci/Getty Images

Sommario

10

17

89

Rubriche

SCIENZA NEWS

Cortesia ESA (*in alto*); cortesia ESA/Hubble & NASA (*al centro*); PeopleImages/iStock (*in basso*)

di Marco Cattaneo

La giungla del Web

A che punto siamo con la società della conoscenza

Ehi, vi ricordate di quando vi avevamo promesso che Internet sarebbe stata l'Eldorado dell'informazione, il *primum movens* della conoscenza, a cui tutti avrebbero potuto contribuire per creare un mondo migliore? [Beh, non era proprio così, ma quasi. E comunque sì, mi costituisco. C'ero anch'io tra quelli che predicavano un imminente luminoso futuro grazie alla «società della conoscenza» promessa dal World Wide Web. Sono passati quasi vent'anni da quando scrissi un'entusiastica prefazione a un libro che parlava della nascente «borghesia digitale», nuova classe sociale che da New York a Kathmandu, grazie all'accesso alla rete e alla massa di informazioni disponibile, avrebbe goduto di una spinta propulsiva. Perché la conoscenza è potere, almeno così credevamo.] Sembrava tutto così facile.

Poi, in un batter di ciglia, il Web si è popolato di pericoli, agguati, bufale, teorie del complotto, liti furibonde che finiscono – a migliaia – nelle aule di tribunale, *fake news*. E ancora tribù che vivono in bolle che non comunicano con l'esterno o, quando lo fanno, lo fanno quasi esclusivamente in funzione della conferma della coesione del gruppo. Perché nel frastuono di fondo dell'informazione in rete dobbiamo fare i conti anche con i nostri pregiudizi cognitivi, che ci spingono inesorabilmente a ingannarci senza che ne siamo minimamente consapevoli.

E le notizie sulle dinamiche più o meno perverse della rete si accavallano a velocità supersonica. Solo nelle ultime settimane abbiamo scoperto, da «Science», che sui *social* le bufale vengono condivise di più e più rapidamente delle notizie vere. E però d'altra parte una ricerca di Reuters Institute e Università di Oxford ci informa che i siti di informazione *mainstream*, quelli dei grandi quotidiani per esempio, sono molto più visitati dei siti che propagano fake news. Come dire: chi condivide le fake news, spesso ne ha letto soltanto il titolo.

E poi è scoppiato il caso Cambridge Analytica, la società di marketing *on line* che ha raccolto da Facebook i dati di 50 milioni di utenti realizzando profili psicologici per influenzare le scelte di voto durante le presidenziali americane del 2016. E bastano 170 like – secondo una ricerca pubblicata nel 2013 sui «Proceedings of the National Academy of Sciences» – per predire colore della pelle, preferenze sessuali e inclinazioni politiche di un profilo. Dal marketing commerciale personalizzato alla manipolazione politica il passo non è brevissimo, ma nemmeno poi così lungo.

Insomma, più che il paradiso della conoscenza il Web ricorda la pubblicità di una compagnia telefonica che vidi anni fa all'uscita dell'aeroporto di Johannesburg: *It's a Jungle out there: Need a guide?*. Forse sì, ci sarebbe davvero bisogno di quattro punti cardinali per orientarsi in un ambiente a cui non eravamo preparati. Anche perché in quella giungla sono davvero mantenute molte delle promesse dell'inizio. Il problema è trovarle.

E al momento guide affidabili non ce ne sono. Ma stiamo cominciando a prendere le misure al mare di informazione, controinformazione e rumore bianco che popola la rete. Ce ne parlano in queste pagine Walter Quattrociocchi e Matthew Fisher, Joshua Knobe, Brent Strickland e Frank C. Keil, in due articoli che esplorano la polarizzazione delle posizioni politiche, il tribalismo in rete e il modo in cui la radicalizzazione delle discussioni sta alterando la nostra concezione di verità. Secondo dinamiche di confronto che tendono a privilegiare la competizione rispetto alla cooperazione.

Quello plasmato dalla rete è un mondo nuovo e complesso, al quale dobbiamo ancora adattarci. Trovarci un «centro di gravità permanente» sarà più facile per i Millennial, che ci sono immersi dalla nascita. «Magari non ricorderanno quanto sono alte le montagne o lunghi i fiumi – chiosa Carlin Flora a p. 54 – ma saranno capaci di scoprire il segnale nel rumore».

Una donna e il suo laboratorio

A richiesta con il numero di «Le Scienze» di maggio *Lab Girl,* di Hope Jahren

Per uno scienziato, il laboratorio è come casa. Anzi non di rado è un luogo ancora più importante della propria abitazione, dove magari fare notte inoltrata per aspettare la fine di un esperimento che non può essere fermato e poi tornare la mattina presto ad analizzare i dati tanto attesi. E pazienza se per tutti gli altri la casa è un rifugio sicuro dalle intemperie della quotidianità, mentre per chi fa ricerca è più simile a un ostello, dove sostare per riposare e ripartire. Ma mettere in piedi un laboratorio non è affatto semplice: bisogna trovare i fondi per aprirlo, e in seguito per gestirlo e mantenerlo; bisogna scegliere i coinquilini, ovvero i colleghi, con cui condividere spazi e obiettivi, facendo attenzione a chi ci si mette, appunto, in casa.

Hope Jahren è una studiosa delle piante e docente di geobiologia all'Università delle Hawaii, e sa molto bene che cosa significa tutto questo per averlo vissuto in prima persona. Il racconto dell'odissea vissuta per l'apertura e la gestione del suo laboratorio, una storia che accomuna tantissimi scienziati in ogni angolo del mondo, è uno dei protagonisti di *Lab Girl*, libro allegato a richiesta con «Le Scienze» di maggio e in vendita nelle librerie per Codice Edizioni. Il libro ha anche un altro personaggio principale, quel mondo delle piante emerso tra 400 milioni e 500 milioni di anni fa dagli oceani per andare alla conquista delle terre emerse, che ha ammaliato e ancora oggi continua ad affascinare l'autrice, con una particolare predilezione per gli alberi.

Così, lungo questi due piani paralleli, il lettore può quasi vivere in prima persona l'avventura umana e professionale di questa scienziata di origini scandinave, cresciuta fin da piccola nel laboratorio di chimica del padre, un uomo che ha amato il proprio luogo di lavoro esattamente come la figlia ama il suo ora, e che per 42 anni ha tenuto corsi introduttivi di fisica e scienze della Terra in una tranquilla università locale nel cuore rurale degli Stati Uniti.

L'altra importante figura nel plasmare la vita di Jahren è stata quella della madre, laureata in letteratura inglese, che le ha trasmesso il piacere della lettura e del giardinaggio, ovvero l'ha introdotta al mondo che oggi è la sua vita. Per quanto possa sembrare idilliaca, però, l'avventura dell'autrice è anche passata per sfide rischiose: la responsabilità di trovare il denaro da cui dipendono l'attività del laboratorio e la vita dei colleghi, nel contesto competitivo dei finanziamenti alla ricerca; l'essere donna in una comunità, come quella scientifica, per la stragrande maggioranza composta da uomini. Jahren tuttavia non si è abbattuta, anzi, è riuscita a raggiungere e a tenere ben saldo il suo obiettivo, forse anche grazie alle lezioni ricevute nel tempo dal mondo delle piante.

Cortesia Jahren Lab

Come ama ricordare, solo il cinque per cento dei semi che cade a terra riuscirà poi a crescere, e di questi ultimi, solo il cinque per cento arriverà al primo anno di vita. Ecco perché i semi sanno aspettare, racconta l'autrice: la selezione a cui sono sottoposti è durissima. Nella maggior parte dei casi, un seme aspetta almeno un anno prima di cominciare a crescere; in alcuni casi, per esempio l'albero di ciliegio, si può arrivare addirittura a cent'anni. La pazienza quindi è uno degli atteggiamenti cruciali della vita, come suggerisce anche l'odissea di Jahren. Perché ogni albero rigoglioso è stato un tempo un seme in attesa.

UNA RICERCA AFFASCINANTE
E PROVOCATORIA.

IL LIBRO-MANIFESTO CHE METTE IN DISCUSSIONE
I MITI FONDANTI DELLA NOSTRA SOCIETÀ:
MITI SUL LIBERO ARBITRIO, SUL LIBERO MERCATO,
SULLE ELEZIONI LIBERE.

RAOUL MARTINEZ

CREARE LA LIBERTÀ

POTERE, CONTROLLO E LA LOTTA PER
IL NOSTRO FUTURO

pp. 512 | euro 35,00

«MARTINEZ PARLA A NOME DI UNA
GENERAZIONE CHE STA VIVENDO UNA
PROFONDA FRATTURA TRA LE PROPRIE
ASPIRAZIONI E L'OTTUSO CONFORMISMO
CHE LA SOCIETÀ DI OGGI RICHIEDE».
PAUL MASON

«RAOUL MARTINEZ RIVALUTA IL
NOSTRO PASSATO, RIESAMINA IL
PRESENTE E IMMAGINA UN NUOVO
FUTURO».
BRIAN ENO

di Emiliano Ricci

Mostri dei primordi cosmici

La nascita di buchi neri supermassici poco dopo il big bang è un mistero per gli astrofisici, ma per Edwige Pezzulli la soluzione potrebbe essere vicina

Sempre più osservazioni suggeriscono che tutte le galassie massicce ospitino, nei loro centri, enormi buchi neri, con masse di miliardi di volte la massa del Sole. La nostra galassia non fa eccezione, contenendo al suo interno un buco nero supermassiccio con una massa di quattro milioni di Soli. Ma essi non nascono di queste dimensioni: vengono alla luce come buchi neri più piccoli, detti semi, che poi crescono fagocitando il gas che orbita attorno a loro. Edwige Pezzulli, dell'Istituto nazionale di astrofisica (INAF), cerca di capire quando e come si sono formati questi mostri del cielo, ed è autrice di un importante studio sui buchi neri supermassicci primordiali.

Qual è l'origine dei buchi neri supermassicci primordiali?

Questa è una delle domande ancora aperte dell'astrofisica. Negli ultimi anni, infatti, si sono osservati molte decine di buchi neri con massa pari a miliardi, a volte anche decine di miliardi, di volte quella del Sole, che tuttavia hanno avuto a disposizione meno di un miliardo di anni per formarsi. I modelli teorici sviluppati fino a oggi suggeriscono che i semi di partenza di questi oggetti possano essere molto massicci, con masse fino a milioni di volte quella del Sole, o più piccoli, ovvero provenienti dall'esplosione delle prime stelle che si sono formate nell'universo, dell'ordine di centinaia di volte il Sole.

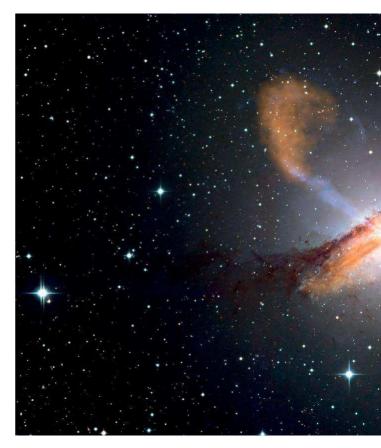
In quanto tempo si formano e come è possibile che lo facciano così rapidamente?

I primi buchi neri supermassicci erano presenti già un miliardo di anni dopo il big bang, persino quando l'universo aveva meno di 800 milioni di anni. Il tempo avuto a disposizione per nascere e crescere deve quindi essere stato necessariamente minore di questo. Per poter giustificare una formazione cosi rapida, questi oggetti devono aver fagocitato moltissimo gas, dal momento della loro nascita a quello della loro osservazione.

La fase di crescita dei buchi neri supermassicci è osservabile?

Come la parola stessa suggerisce, un buco nero è nero, e quindi di per sé non osservabile direttamente. Il gas che gli orbita attorno, però, si riscalda e prima di precipitare all'interno del buco nero e quindi nutrirlo, emette radiazione, con una componente caratteristica nella banda dei raggi X. La fase di crescita dei buchi neri, che li rende fra le sorgenti più luminose di tutto l'universo, è quindi rivelabile con i telescopi sensibili ai raggi X.

C'è una differenza fra quello che ci aspettiamo e quello che osserviamo?

Data l'importanza dell'accrescimento nella loro formazione, ci si aspetta di osservare tracce luminose della loro evoluzione. Per poterle rilevare, sono stati usati gli strumenti più potenti a disposizione, come l'osservatorio spaziale Chandra della NASA. Tuttavia, inaspettatamente, a oggi non sono state trovate tracce della loro crescita.

Cortesia ESO/WFI (*ottico*); MPIfR/ESO/APEX/A.Weiss e altri (*submillimetrico*); NASA/CXC/CfA/R.Kraft e altri (*raggi X*)

Qual è il vostro modello per spiegare questa differenza fra stima e osservazioni?

Il nostro modello considera che il fenomeno di accrescimento di gas può avvenire a tassi anche molto alti, superiori al limite classico, chiamato limite di Eddington. I risultati suggeriscono che l'accumulo di materia da parte del buco nero in formazione possa avvenire in modo intermittente, con accensioni di breve durata ma molto copiose, tanto da permettere al buco nero di accumulare masse imponenti negli sporadici momenti di attivazione. Questo modello prevede quindi che, durante la loro evoluzione, i buchi neri supermassicci primordiali passino poco tempo accesi. La rilevazione dei periodi di crescita è quindi estremamente improbabile, in accordo con quanto osservato, o meglio, non osservato.

CHI È

Edwige Pezzulli, 29 anni, è nata in Polonia ma vive a Roma da quando aveva tre mesi. È ricercatrice precaria all'INAF-Osservatorio Astronomico di Roma e collabora con la «Sapienza»Università di Roma, dove si è laureata con lode e dottorata con eccellenza e lode, presentando una tesi sulle origini e le proprietà dei primi buchi neri nell'universo.
Negli anni ha collaborato con diversi istituti di ricerca internazionali, come il Center for Computational Astrophysics di New York e l'Institute d'Astrophysique di Parigi.
Il lavoro di ricerca di Pezzulli, alcuni risultati del quale sono approfonditi in questa intervista, ha ricevuto attenzioni internazionali, ed è stata invitata anche come guest blogger sul sito web della NASA per commentare il modello e le sue implicazioni.

Galassie attive. La galassia Centaurus A, distante da noi poco più di dieci milioni di anni luce, ospita al centro un buco nero attivo, come suggeriscono anche i getti ai poli. Sotto, un'illustrazione di ATHENA.

Cortesia Pezzulli (*Pezzulli*); cortesia ESA (*ATHENA*)

In che cosa consiste l'accrescimento di tipo super-Eddington?

Il processo di accrescimento dei buchi neri è caratterizzato anche da una forte radiazione, proporzionale al tasso di accrescimento stesso: tanto più il buco nero fagocita rapidamente gas circostante, tanta più luminosità viene emessa. Se il gas che si trova attorno al buco nero segue una geometria sferica, esiste una luminosità limite, chiamata luminosità di Eddington, oltre la quale la spinta dovuta alla pressione della radiazione esercitata sul gas vince la gravità. Per tassi di accrescimento super-Eddington, quindi, ci si aspetta che il gas sia spazzato via, con conseguente «spegnimento» del buco nero. Se la materia attorno al buco nero si dispone invece su un disco, la simmetria sferica verrà meno. Diversi modelli di disco, sviluppati negli ultimi decenni, prevedono possibili accrescimenti super-Eddington senza effetti autodistruttivi.

Come si può verificare la bontà del vostro modello?

Le previsioni ottenute dal modello suggeriscono che queste fasi di crescita siano sufficientemente luminose per essere rilevate con i telescopi esistenti, ma il poco tempo in cui rimangono attivi rende difficile coglierli «in flagrante». Per verificare queste previsioni, è necessario osservare il cielo ai raggi X, monitorandone porzioni sempre più ampie. In questo modo, possiamo sperare di imbatterci negli antenati dei buchi neri, e confrontarli con quelli che il nostro modello prevede. Di fondamentale importanza per la comprensione della crescita dei buchi neri supermassicci primordiali saranno anche i telescopi di futura generazione, come ATHENA (Advanced Telescope for High-ENergy Astrophysics), l'osservatorio spaziale dell'Agenzia spaziale europea, che verrà lanciato nel 2028.

Altri modelli teorici sviluppati fino a oggi si dedicano prevalentemente allo studio dei meccanismi di formazione dei primi buchi neri supermassicci, riproducendo le loro proprietà osservate (come le masse o la loro densità nell'universo). Tuttavia, nessuno di questi si è finora concentrato sul fornire una spiegazione dell'assenza di tracce evolutive.

Qual è il ruolo di questi oggetti nell'universo primordiale?

Il dibattito è ancora acceso, tuttavia si pensa che i buchi neri supermassicci primordiali abbiano giocato un ruolo importante sia nella vita delle galassie in cui si trovano, sia nelle proprietà dell'universo a larga scala. Questi oggetti infatti co-evolvono con le rispettive galassie: l'attività luminosa dei buchi neri centrali immette molta energia nella galassia ospite, regolandone, per esempio, il tasso di formazione stellare. I venti prodotti dall'accrescimento, estremamente energetici, spingono fuori dalla galassia gli elementi chimici sintetizzati dalle stelle, arricchendo così il mezzo intergalattico, che contribuirà a incrementare la metallicità delle galassie future.

di Letizia Gabaglio

Una giovane squadra farmaceutica

L'attività di Lead Discovery Siena è dedicata alla ricerca e all'offerta di servizi nel settore dei farmaci, con particolare attenzione a oncologia e infettivologia

Che cosa può fare un professore per gli scienziati del suo gruppo di ricerca? Formarli, stimolarli, trovare finanziamenti. E in ultima analisi fondare uno *spin-off* per assumerli. È il ragionamento che ha spinto Maurizio Botta, ordinario di chimica farmaceutica all'Università di Siena, a fondare Lead Discovery Siena: azienda che offre competenze e soluzioni per la scoperta e lo sviluppo di nuovi farmaci. «Ho sempre avuto un bel gruppo di ricerca, composto da 20-30 ricercatori impegnati a trovare nuove molecole per dare risposte a domande di salute ancora inevase», racconta Botta. «Così, in un momento di minimo storico di occupazione giovanile nel campo delle scienze, ho pensato di dover fare qualcosa per laureandi, dottorandi e post doc. In Italia questi ragazzi sono quasi sempre ignorati, per poi lamentarci che c'è la fuga dei cervelli. Insomma, volevo evitare che fossero pagati male e volevo dare loro uno sbocco occupazionale adeguato alla loro formazione».

Alla ricerca di bersagli chiave

Lead Discovery Siena nasce nel 2012 già con un bagaglio importante: gli studi e i brevetti che il gruppo di Botta ha effettuato e depositato negli anni nel campo della chimica farmaceutica. L'obiettivo è progettare molecole efficaci e sicure a partire dall'individuazione di bersagli chiave nello sviluppo di una malattia. Due i campi principali di ricerca: oncologia e infettivologia. Nel primo, l'attenzione è puntata soprattutto su neuroblastoma e glioblastoma, malattie per cui non esiste una cura. Gli studi effettuati a Siena sulla molecola Si306, per esempio, hanno dimostrato la sua capacità di impedire la proliferazione delle cellule del glioblastoma, riducendo quindi il volume di un tumore su cui sono inefficaci chirurgia, radio e chemioterapia. Anche gli esperimenti sugli animali hanno dato risultati positivi, suggerendo che si tratti di una molecola che può essere usata con successo in combinazione con i trattamenti convenzionali per ridurre la resistenza alla terapia.

In più, Lead Discovery Siena sta lavorando nel campo degli anticorpi monoclonali coniugati, farmaci biologici che si usano uniti a un farmaco chemioterapico o un isotopo radioattivo o una tossina citotossica. «Abbiamo sviluppato una tecnologia proprietaria che ci permette di mettere a punto anticorpi coniugati con qualsiasi tipo di agente citotossico», spiega Botta.

Nel campo dell'infettivologia la start-up sta lavorando ormai dal 2008 su un obiettivo che sembra molto promettente, DDX3, una proteina espressa dalla cellula dell'ospite essenziale per la replicazione del virus HIV. Il lavoro dei ricercatori di Siena, che ha portato al deposito di due brevetti, ha consentito di progettare una famiglia di molecole che interferisce con questo meccanismo, bloccando quindi la replicazione virale. Trattandosi di una molecola che non agisce direttamente sul virus, tra l'altro, diminuisce anche il rischio dello sviluppo di resistenze, delle mutazioni cioè che il patogeno sviluppa per sfuggire all'azione dei farmaci.

Ma ancora più interessante è quello che il gruppo di Botta ha scoperto negli ultimi anni e che cioè DDX3 è una proteina essenziale anche per altri virus, come quello che causa la Dengue, quello dell'epatite C e per il West Nile virus. «Abbiamo dimostrato che si tratta di un target importante che ci permetterebbe di agire su con-

LA SCHEDA

Lead Discovery Siena

Fatturato 2016 391.902 euro	**Investimenti in ricerca** 11.714 euro
Dipendenti/collaboratori 4, di cui 4 impegnati in R&S	**Brevetti rilasciati** 4

Cortesia Lead Discovery Siena (*tutte le foto*)

Squadra di talento. Accanto Maurizio Botta, fondatore della start-up Lead Discovery Siena; sotto e al centro, giovani ricercatori dell'azienda senese.

dizioni per le quali, soprattutto nei paesi africani, la sopravvivenza è ancora bassa», va avanti il chimico. «In più i nostri studi indicano che il profilo di sicurezza dell'inibitore di DDX3 è buono».

In altre parole, Lead Discovery Siena ha in mano la ricetta per lo sviluppo di un antivirale ad ampio spettro che per di più non favorisce lo sviluppo di resistenze. Un asso nella manica che fa gola a molti, soprattutto alle aziende straniere. «Se vivessimo a Boston o a San Francisco saremmo diventati ricchi. Siamo in Italia, invece, e ci scontriamo con un ambiente piuttosto indifferente all'innovazione scientifica», sottolinea Botta. «Negli ultimi anni abbiamo avuto diverse offerte per le nostre molecole, tutte dall'estero, principalmente da Francia e Paesi Bassi. Ed è proprio a due aziende olandesi che abbiamo ceduto due brevetti».

Contro la resistenza batterica

Fra le scoperte targate Lead Discovery Siena c'è anche una nuova famiglia di composti che agiscono contro le infezioni da funghi come la candida. Le amidino-uree macrocicliche sono capaci di uccidere il fungo e di farlo tanto più quanto è maggiore la loro concentrazione: studi su modelli animali hanno visto che questi composti sono efficaci nei casi di infezione resistente da *Candida albicans*. Proprio la resistenza ai batteri è una delle emergenze individuate anche dall'Organizzazione mondiale della Sanità a causa della scarsità di nuovi farmaci efficaci. Lead Discovery Siena lavora a composti attivi su diversi ceppi batterici. «In più facciamo ricerche in un altro campo molto interessante, che sta emergendo in questi anni nella sua complessità e importanza, il microbiota», spiega Botta. «Grazie alla collaborazione con altri gruppi abbiamo già depositato quattro brevetti per molecole in grado di prevenire disordini associati all'uso di antibiotici».

Nel discorso di Botta la questione dei brevetti e della tutela della ricerca è indicata come uno degli elementi del successo del mestiere, difficile e complesso, del chimico farmaceutico. Altrettanto importante, per lo sviluppo dell'idea imprenditoriale, l'incubazione di Lead Discovery Siena in Toscana Life Science, ente no profit attivo sul territorio regionale per sostenere le attività di ricerca e favorire la nascita di imprese innovative nel campo delle scienze della vita. «Qui siamo stati accolti molto bene e abbiamo potuto usufruire di laboratori, tecnologie all'avanguardia e programmi di *coaching*», conclude Botta. «In più, lavorare fianco a fianco con altre imprese, alcune delle quali si occupano di fasi successive nel processo di produzione di farmaci, permette di allargare le nostre conoscenze e instaurare collaborazioni proficue». Botta, come un buon allenatore, non ha dubbi: la sua squadra è formata da giovani fuoriclasse destinati a vincere molti campionati.

di Telmo Pievani
è professore ordinario di filosofia delle scienze biologiche dell'Università degli Studi di Padova

Scoperte per caso

Un programma di studi tenterà di carpire i segreti della serendipità

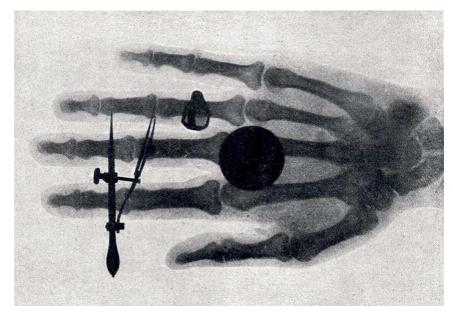
Ohid Yaqub è un biochimico convertitosi alla sociologia della scienza. All'Università del Sussex, a Brighton, si occupa di politiche della ricerca, di sistemi di finanziamento alla scienza e di innovazione in campo biomedico. L'European Research Council gli ha concesso un *grant* di 1,4 milioni di euro per studiare il più sfuggente degli argomenti, per prevedere l'imprevedibile, per trovare una logica nell'illogico.

Anche la rivista «Nature», in un editoriale del 1 febbraio scorso, ha notato la stranezza dell'ambizioso compito. Yaqub deve carpire i segreti della serendipità, cioè della scoperta accidentale, di quel fenomeno per cui gli scienziati stanno cercando qualcosa e trovano tutt'altro.

La storia *pop* della scienza è piena di aneddoti classici, talvolta pericolosamente confinanti con la leggenda, in cui un caso fortunato porta a scoperte rivoluzionarie, dalla penicillina di Fleming ai raggi X di Röntgen, dalla radiazione cosmica di fondo al forno a microonde. Per non dire delle migliaia di fossili in cui ci si è imbattuti andando a zonzo tra vallate e praterie.

La serendipità però non è puro caso. Richiede di essere pronti e ricettivi nei confronti di un risultato sorprendente. Bisogna capire subito di avere per le mani una scoperta inaspettata e non solo un esperimento riuscito male. Chissà quanti esempi di serendipità sono finiti dritti nel cestino della spazzatura e dunque nel dimenticatoio della storia. Anche se illustri volumi ammiccano nel loro titolo alla «logica della scoperta scientifica», in realtà i filosofi della scienza hanno spesso considerato il contesto della scoperta come una dimensione quasi inafferrabile, più psicologica che metodologica, dominio di fattori che non sono del tutto razionali.

Yaqub non è di questo avviso e vuole andare oltre l'aneddotica. Innanzitutto, ci vuole una tassonomia del fenomeno. Dopo aver passato al setaccio centinaia di casi storici, tra i quali quelli custoditi alla Columbia negli archivi del sociologo Robert K. Merton, il ricercatore di Brighton ritiene che la serendipità debba essere classificata in quattro categorie: le ricerche che nascono in un certo dominio e portano a scoperte in un altro (serendipità transdisciplinare); le scoperte frutto di un'indagine libera e senza obiettivi prefissati; le soluzioni inattese a vecchi problemi che si cercava di risolvere da tempo; infine, forse la tipologia più interessante di tutte: le scoperte casuali che a posteriori si rivelano essere la soluzione a un problema emerso successivamente.

Poi si passa ai meccanismi che generano serendipità: astuzia osservativa; capacità di imparare dagli errori e di capitalizzare risultati inaspettati; una controllata distrazione per non essere mai troppo focalizzati. Anche la collaborazione in ampie reti di scienziati la rende più probabile. Se capiamo le circostanze in cui la serendipità fiorisce, possiamo promuoverla con misure e finanziamenti ponderati. Il prossimo obiettivo di Yaqub è valutare se la serendipità è finora emersa maggiormente in progetti orientati a un obiettivo oppure in linee di ricerca più generali.

Una delle prime. Radiografia della mano della moglie di Wilhelm Röntgen, il fisico tedesco autore della scoperta «per caso» dei raggi X, premiata con il Nobel nel 1901.

CCI Archives/SPL/AGF

Il tema non è di intrattenimento. Dall'importanza quantitativa e statistica della serendipità dipende per esempio la giustificazione o meno dei finanziamenti dati alla ricerca di base, cioè non finalizzata a priori a un risultato applicativo, bensì guidata dalla curiosità di conoscere. Le cronache infatti ci dicono che dalla ricerca pura e disinteressata sono spesso scaturite scoperte imprevedibili che poi hanno avuto ricadute tecnologiche e cliniche straordinarie. Ora Yaqub vuole verificare scientificamente questa assunzione, da cui deriverebbe che è futile o addirittura controproducente per un governo o per un'impresa controllare e indirizzare troppo la ricerca scientifica. Meglio lasciarla correre a briglie sciolte, intercettando serendipiche illuminazioni.

di Edoardo Boncinelli
Università Vita-Salute San Raffaele, Milano

Nuovi neuroni per apprendere

Secondo recenti ricerche siamo gli unici mammiferi senza neurogenesi adulta

Fino a una trentina di anni fa, eravamo tutti convinti che i neuroni adulti non si replicassero, che le vere e proprie cellule nervose si moltiplicassero cioè solo nelle primissime fasi dello sviluppo embrionale e postembrionale. Ci siamo accorti poi, non senza sorpresa, che nel cervello adulto di alcuni mammiferi e di alcuni uccelli ci poteva essere neurogenesi, cioè prolificazione dei neuroni, anche nel cervello adulto, e il fenomeno è stato chiamato neurogenesi adulta.

Non tutti i neuroni adulti sono capaci di moltiplicarsi, ma una certa frazione sì. Dopo il primo moto di sorpresa, ci si dette da fare per esplorare il fenomeno in tutta la sua estensione. Si vide così che in molti mammiferi i neuroni generati nell'età adulta finivano quasi tutti nel sistema olfattivo e spesso erano generati proprio per sostituire i neuroni esauriti nell'epitelio olfattivo del naso. Noi esseri umani non diamo molta importanza all'olfatto, ma per la maggioranza dei mammiferi questo senso è una risorsa insostituibile. Ci sono poi gli uccelli canterini. In alcune specie di uccelli i maschi cambiano il motivo del loro canto a ogni stagione. Finita una stagione, tutti i neuroni collegati al canto muoiono e ne spuntano nuovi che generano e controllano un canto diverso.

I mammiferi non cantano ma apprendono. La struttura cerebrale connessa con l'apprendimento si chiama ippocampo ed è la regione cerebrale che è più spesso interessata da un fenomeno di neurogenesi adulta. Due brevi osservazioni a questo punto. La prima si riferisce al fatto che proprio l'organo deputato alla fissazione dei ricordi è quello più interessato da un continuo ricambio cellulare. Paradossalmente, l'acquisizione di ricordi è controllata da una regione cerebrale che cambia in continuazione! La seconda, meno sorprendente ma assai interessante, riguarda il fatto che nei roditori da laboratorio due ricordi acquisiti nella stessa «ondata» di neurosintesi restano poi particolarmente «associati» fra di loro.

Questo, si badi bene, è uno dei principali meccanismi suggeriti dai filosofi empiristi inglesi per spiegare l'associazione delle idee, cioè dei diversi ricordi e dei progetti: alcune idee che si presentano associate nella testa sono state acquisite più o meno nello stesso periodo della vita. Occorre notare infine che l'esistenza di un vasto repertorio di nuovi neuroni presuppone l'esistenza anche nell'adulto di una certa quantità di cellule staminali cerebrali che potrebbero essere molto utili per produrre specifiche strutture biologiche o interi organi per rimpiazzare tessuti logori o danneggiati.

Per tutti questi motivi, vivo scalpore ha suscitato un articolo pubblicato di recente (Shawn F. Sorrells e collaboratori, in «Nature», Vol. 555, pp. 377-381), che conferma queste osservazioni sui mammiferi non umani, ma mostra che nella nostra specie non c'è neurogenesi adulta. La neurogenesi ancora attiva nei primissimi stati dello sviluppo del cervello embrionale e fetale diminuisce velocemente con il passare del tempo ed è assente in un umano adulto. Un cambiamento così radicale di prospettiva non può lasciare indifferenti. Da una parte, occorrerà verificare in tutti i modi possibili la veridicità della notizia, dato anche l'altissimo livello tecnico delle apparecchiature e delle metodologie usate per raggiungere un obiettivo del genere. Dall'altra, ha senso chiedersi che cosa possa significare una differenza così marcata fra mammiferi e alcuni primati fra cui l'essere umano.

Se tutto verrà confermato, sarà necessario farsi un'idea sul significato di questa profonda differenza di organizzazione cerebrale e di fisiologia della memoria e del pensiero tra noi (e altri primati) e gli altri mammiferi. Quello che è certo è che non capiremo subito e che bisognerà resistere alla tentazione di dare interpretazioni affrettate. Di sicuro ne riparleremo.

Nei mammiferi non umani la regione cerebrale più interessata dalla nascita di nuovi neuroni in età adulta è l'ippocampo (*rosso*), che è connesso con l'apprendimento.

Science Photo Library/Getty Images

di Piergiorgio Odifreddi
professore ordinario di logica matematica all'Università di Torino
e visiting professor alla Cornell University di Ithaca (New York)

Storie pomeridiane

Ritratto breve dei meridiani tra storia della scienza, geografia e romanzi

Il primo a capire che la Terra è (quasi) rotonda sembra sia stato Pitagora, e molto tempo dopo Aristotele riassunse le motivazioni in *Sul cielo*. Anzitutto, quando una nave arriva dall'orizzonte, si vedono prima gli alberi e solo in seguito lo scafo. Inoltre, andando in direzione nord-sud, alcune vecchie costellazioni tramontano e ne sorgono altre nuove. Infine, durante le eclissi di Luna, la Terra produce su di essa un'ombra circolare.

Poiché la sfera terrestre ruota giornalmente su se stessa, uno dei suoi cerchi massimi ha una posizione privilegiata: l'equatore, definito come l'intersezione della superficie terrestre con il piano perpendicolare all'asse di rotazione e passante per il centro. O, equivalentemente, come il luogo dei punti in cui agli equinozi il Sole è a perpendicolo a mezzogiorno.

Altri cerchi massimi privilegiati sono quelli che passano per i due poli, chiamati meridiani. Per ciascun punto della superficie terrestre ne passa uno, e la sua direzione viene indicata dalla posizione del Sole a mezzogiorno, che dà appunto il nome ai meridiani (dal latino *meridies*, «mezzogiorno»). Nessuno di questi meridiani è privilegiato, ma basta sceglierne uno per ottenere un asse verticale di riferimento, da unire all'asse orizzontale dell'equatore per definire un sistema di coordinate sferiche basato sulla longitudine e la latitudine, misurate rispettivamente sull'equatore e sui meridiani.

Cruciale. Il meridiano dell'Osservatorio di Greenwich, vicino a Londra, usato come riferimento per gli altri meridiani.

Il primo a misurare un sostanzioso arco di meridiano fu Eratostene, approfittando del fatto che in Egitto il Nilo scorre approssimativamente in direzione nord-sud. La leggenda dice che lo fece tra Alessandria e Siene, nei pressi dell'odierna Assuan, sulla base del numero dei giorni di viaggio necessari per andare da una città all'altra a cammello, moltiplicati per la distanza media percorsa in un giorno da un cammello.

A questo prosaico calcolo Eratostene aggiunse però un'intuizione poetica. Scelse infatti Siene perché sapeva che era all'incirca sul tropico del Cancro: cioè, al solstizio d'estate il Sole vi è quasi a perpendicolo a mezzogiorno. In quel giorno Eratostene misurò la lunghezza dell'ombra di un bastone ad Alessandria, dedusse l'angolo al centro (terrestre) fra le due città, e fece una proporzione tra la lunghezza dell'intero meridiano e la parte misurata. Il risultato, tradotto in termini moderni, fu di circa 40.000 chilometri: cioè, più o meno il valore reale.

Poiché l'approssimazione è troppo buona per essere casuale, nel libro *La rivoluzione dimenticata* (Feltrinelli, 1996) Lucio Russo ha ipotizzato che Eratostene in realtà abbia fatto eseguire misurazioni precise dagli agrimensori incaricati di aggiornare annualmente il catasto agricolo dei faraoni per tener conto dei cambiamenti provocati dalle piene del Nilo: in fondo, la geometria era appunto nata in Egitto per quello scopo, come testimonia il suo stesso nome greco (da *geo*, «terra», e *metrein*, «misura»).

Per effettuare misurazioni precise, però, bisognava considerare il fatto che il Nilo non era perfettamente rettilineo, e Siene non era esattamente sullo stesso meridiano di Alessandria. Bisognava allora usare in grande scala il metodo delle triangolazioni, il che richiedeva la conoscenza teorica della trigonometria, la tecnologia pratica degli strumenti puntatori e l'organizzazione sociale dell'Egitto faraonico: si sarebbe trattato, cioè, di una vera «grande opera» dell'antichità, rimasta ineguagliata per due millenni.

Non stupisce che un letterato-matematico come Denis Guedj l'abbia raccontata nel romanzo *La chioma di Berenice* (Longanesi, 2003), che fa rivivere efficacemente paese, epoca, persona e impresa di Eratostene. E che è il *prequel* di *Il meridiano* (Longanesi, 2001), dedicato alla misura del meridiano di Parigi da parte di Jean-Baptiste Delambre e Pierre Méchain, sul finire del Settecento: un'impresa che riuscì a superare quella di Eratostene grazie alle novità teoriche della trigonometria sferica, pratiche del cerchio ripetitore per la misurazione degli angoli e sociali della rivoluzione francese.

Ci sono molti altri meridiani ai quali bisognerebbe dedicare romanzi, da quello di Capo Verde, usato da Tolomeo per avere coordinate sempre positive, a quello di Ujjain, che ancor oggi determina l'ora dell'intero subcontinente indiano. Ma nel 1872 Jules Verne scelse invece il meridiano del Capo di Buona Speranza per raccontare le *Avventure di tre russi e tre inglesi nell'Africa australe*, mostrando per primo come persino la geodesia potesse diventare il soggetto di un divertente e istruttivo romanzo scientifico.

TPX/AGF

di Amedeo Balbi
Professore associato di astronomia e astrofisica presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma «Tor Vergata». Il suo ultimo libro è *Dove sono tutti quanti?* (Rizzoli, 2016)

L'alba dell'universo

La rilevazione di un segnale aiuta a capire quando si accesero le prime stelle

Oggi l'universo è pieno di stelle, ma non è stato sempre così. C'è stata una fase iniziale – «l'epoca oscura», la chiamano gli astrofisici – in cui lo spazio era pervaso da semplici atomi di idrogeno e di elio, diffusi in modo quasi uniforme. Il «quasi» è essenziale: è stato proprio attorno alle piccole disomogeneità presenti in questo gas primordiale che hanno iniziato a formarsi accumuli di materia sempre più densi. Col tempo, le regioni più dense si sono riscaldate al punto da innescare le reazioni di fusione nucleare che hanno portato all'accensione delle prime stelle. Tutto questo deve essere avvenuto nelle prime centinaia di milioni di anni di evoluzione dell'universo. Ma quando, di preciso, si sono accese le prime luci? Quando è iniziata l'«alba cosmica»?

Non è facile dirlo. Un modo per provare a capirlo consiste nell'osservare il marchio impresso dall'energia rilasciata dalle prime stelle (che sono troppo remote e deboli per essere osservate direttamente) sulla radiazione cosmica di fondo, il «residuo» elettromagnetico del big bang. È una misura difficile, che gli astrofisici inseguono da anni (e, se mi permettete una piccola nota personale, è stata il primo argomento di ricerca di cui mi sono occupato, quasi un quarto di secolo fa, per la mia tesi di laurea). Ci sono già state, in passato, diverse indicazioni indirette in questa direzione, sotto forma di un'attenuazione delle fluttuazioni di temperatura osservate nel fondo cosmico: ma adesso sembrerebbe che, per la prima volta, un piccolo esperimento chiamato EDGES, situato nei deserti dell'Australia occidentale, abbia osservato un segnale diretto, compatibile con le previsioni teoriche.

Il segnale consiste in una piccola distorsione nello spettro della radiazione di fondo, a una specifica frequenza. Il valore della frequenza è legato all'epoca in cui si sono accese le prime stelle: secondo Judd Bowman dell'Università dell'Arizona e colleghi, autori di uno studio pubblicato su «Nature» del 28 febbraio 2018, ciò sarebbe accaduto circa 180 milioni di anni dopo il big bang.

Il risultato sarebbe già interessante di per sé, tuttavia c'è di più. Il segnale osservato è diverse volte più grande rispetto a quanto ci si aspettava, e questo ha già portato diversi studiosi a formulare possibili spiegazioni. Una delle quali, pubblicata da Rennan Barkana dell'Università di Tel Aviv e colleghi sullo stesso numero della rivista, è che la materia oscura presente nell'universo sia composta di particelle molto più leggere di un protone e che interagiscono con la materia ordinaria (raffreddandola, e causando perciò un maggiore assorbimento della radiazione).

La cosa si discosta dagli scenari standard che riguardano la materia oscura (che fino a oggi hanno per lo più ipotizzato particelle molto pesanti e debolmente interagenti), e sarebbe certamente un indizio importante per i fisici delle particelle che cercano di capire qualcosa di più su questa misteriosa componente del cosmo. Sarebbe inoltre la prima volta che un'informazione sulla materia oscura ci arriva da un'osservazione che non sia basata soltanto sui suoi effetti gravitazionali.

D'altra parte, bisogna stare sempre attenti a non correre troppo. Tanto più quando, come in questo caso, il segnale che si prova a catturare è estremamente tenue, e può essere confuso con fenomeni di altra natura, per esempio effetti dovuti allo strumento. La misura di EDGES, sebbene molto interessante, ha bisogno di essere confermata in modo indipendente, come sempre accade nell'indagine scientifica. E prima di scomodare nuovi scenari di fisica fondamentale, sarà bene essere sicuri di non aver visto male. Dopotutto, c'è una ragione se si chiama epoca oscura.

E luce fu. Il cosmo è pieno di stelle, ma non è sempre stato così. I primi astri si sarebbero accesi circa 180 milioni di anni dopo il big bang, avvenuto 13,8 miliardi di anni fa.

Cortesia ESA/Hubble & NASA

di Giorgio Manzi
Insegna paleoantropologia presso il Dipartimento di biologia ambientale dell'Università «La Sapienza» di Roma, dove dirige il Museo di antropologia «Giuseppe Sergi»

Fu vera arte neanderthaliana?

Forme artistiche attribuite ai Neanderthal potrebbero avere una spiegazione diversa

Hanno fatto saltare il banco. Il comportamento «moderno» dei Neanderthal sembra confermato in modo eclatante da due nuove ricerche – pubblicate di recente su «Science» e su «Science Advances» – in cui è stato mostrato che in Spagna ci sono forme d'arte parietale (la cosiddetta *rock art*) e oggetti con significato estetico e/o identitario (conchiglie perforate con tracce di coloranti) datate fra 120.000 e 64.000 anni fa e che, pertanto, si possono attribuire a *Homo neanderthalensis*.

Si ritiene infatti che in quell'epoca nel nostro continente ci fossero solo loro, prima della diffusione a nord del Mediterraneo di popolazioni umane anatomicamente moderne, venute dal Vicino Oriente e attestate in Europa solo a partire da circa 45.000 anni fa.

La posta in gioco è stabilire quanto i Neanderthal avessero potenzialità cognitive e di pensiero simbolico abbastanza simili se non identiche alle nostre e, di conseguenza, se possano essere considerati una specie distinta da noi o se non si debba tornare a chiamarli *Homo sapiens neanderthalensis*. Ne abbiamo parlato diverse volte anche in questa rubrica, concludendo che non smettiamo di sorprenderci. Qualcuno ricorderà per esempio il sito francese di Bruniquel, attribuito a Neanderthal del tardo Pleistocene Medio, artefici di una misteriosa «architettura» a oltre 300 metri dall'imboccatura di un profondo sistema carsico.

Ma torniamo alle ultime ricerche. Il metodo usato per le datazioni è quello dell'uranio-torio, basato sull'analisi dei depositi di carbonato che si sono accumulati sopra le pitture rupestri o sulle conchiglie forate. Gli elementi radioattivi indicano quando si formarono i depositi e, quindi, danno un'età minima per qualunque cosa si trovi al di sotto o incluso. Il gruppo internazionale di ricercatori ha analizzato decine di campioni di calcare provenienti da siti in grotta spagnoli molto distanti fra loro: La Pasiega (nel nord-ovest), Maltravieso (a ovest), Ardales (sud-ovest) e Cueva de los Aviones (sud-est).

Non sembra ci sia altro da dire. Questi sono dati, anzi date. Abbiamo forme d'arte o comunque di pensiero simbolico di oltre 64.000 anni fa, almeno 20.000 anni più antichi dei primi resti di *Homo sapiens* in Europa o, meglio, delle prime tracce della loro presenza in base ai resti archeologici: il Paleolitico Superiore. I Neanderthal invece producevano manufatti del Paleolitico Medio e di questo abbondano i siti di quell'epoca.

Proviamo però a vedere se non ci sia un'interpretazione alternativa a quella che appare più ovvia.

Sono spinto a cercarla da quello che alcuni potrebbero considerare un pregiudizio a danno dei Neanderthal. Ma non è così: si tratta semmai di mettere insieme le tessere di un puzzle, che include oltre alle prove archeologiche e geo-paleontologiche anche tutte le conoscenze accumulate in oltre 150 anni di ricerche su *Homo sapiens* e *Homo neanderthalensis*, sia sul piano morfologico sia sul quello genetico e direi anche sotto il profilo evo-devo, la ben nota combinazione fra *evolution* e *development*. Dato questo complesso insieme di elementi (non abbiamo qui lo spazio anche solo per elencarli), a me sembra improbabile che i Neanderthal avessero capacità artistiche e un vero pensiero simbolico e che questo sia invece compatibile con la comparsa di quelle creature con la testa grande e rotonda che chiamiamo *Homo sapiens*.

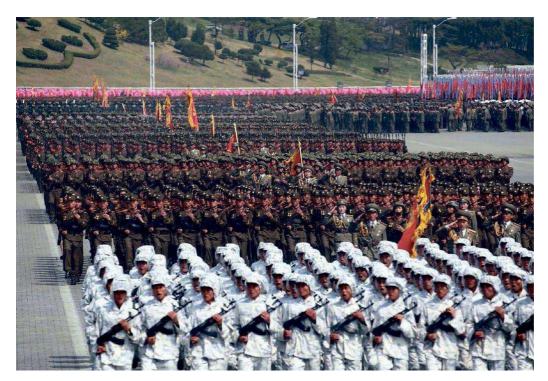
Penso allora che forse sottovalutiamo la possibilità che prima di 64.000 anni fa ci fossero già, sebbene sparuti (da qui l'assenza di fossili), primi gruppi della nostra specie già arrivati in Europa. Sarebbero invisibili archeologicamente perché producevano manufatti del Paleolitico Medio come, in effetti, sappiamo essere accaduto per decine di millenni in Vicino Oriente. È solo un'ipotesi.

Rock art. Pitture rupestri scoperte nella grotta La Pasiega, nel nord-ovest della Spagna, datate oltre 64.000 anni fa e attribuite a *Homo neanderthalensis*.

Cortesia P. Saura

CONFLITTI

Una lunga pace per caso

Oggi le guerre tra Stati sono rare, ma potrebbe essere una fluttuazione statistica

In marcia. Parata di forze armate a Pyongyang, la capitale della Corea del Nord. Una delle aree del mondo in cui non è affatto improbabile un conflitto interstatale è la penisola coreana, con continue tensioni tra Corea del Nord e Corea del Sud, e tra regime nordcoreano e comunità internazionale.

STR/AFP/Getty Images

La lunga pace potrebbe essere effimera. Dopo il 1945, il mondo ha vissuto settant'anni relativamente liberi da grandi conflitti fra Stati, se confrontati con i secoli precedenti. È segno che l'avanzata delle democrazie, il consolidamento delle istituzioni internazionali, i fitti legami commerciali ed economici, e gli altri mutamenti sociali e geopolitici di questi decenni hanno ridotto la voglia di risolvere i dissidi con le armi?

Non è detto. Per quanto possiamo saperne, la cosiddetta lunga pace può benissimo essere una pura casualità: una normale oscillazione statistica nel ritmo a cui si susseguono i conflitti, una pausa pronta a spezzarsi da un momento all'altro. Lo ha affermato su «Science Advances» Aaron Clauset, dell'Università del Colorado a Boulder.

Il dibattito fra chi sostiene che i tempi sono cambiati e chi pensa che il rischio di guerra sia immutato si svolge soprattutto a colpi di considerazioni storiche sulla frequenza e l'intensità dei conflitti e sui meccanismi che li generano. Ma le incognite sono tante e le conclusioni dipendono molto da come si definisce un conflitto (vanno considerati anche i piccoli incidenti, le guerre civili, le rivolte, il terrorismo?) e da come si tiene conto di variabili quali l'aumento del numero di Stati indipendenti.

Clauset ha affrontato la questione come un puro problema statistico. Ha usato la grande banca dati The Correlates of War Project, che registra l'anno d'inizio e il numero di morti in battaglia per un centinaio di conflitti fra Stati fra il 1823 e il 2003, e ha elaborato i dati considerando le mere tendenze numeriche. Ha cioè verificato se, costruendo modelli statistici basati su quei dati, e simulando i conflitti che potrebbero scoppiare nell'arco di 180 anni con una distribuzione a caso che rispetti la frequenza e la letalità registrate, un periodo così lungo di pace sia un'anomalia o un evento probabile.

Il risultato è che non c'è nessuna chiara anomalia: periodi così lunghi si producono per puro caso in molte simulazioni, per essere poi interrotti da nuove guerre. Il rischio che scoppi una nuova grande guerra non sarebbe dunque cambiato, e non è particolarmente basso, anche se Clauset non si è azzardato a quantificarlo viste le tante incognite in gioco.

Un segnale statistico chiaro che il rischio è calato – cioè che qualcosa è cambiato nei meccanismi fondamentali che generano i conflitti – si avrà solo se la pace durerà ancora fra i 100 e i 140 anni. «Ciò non toglie nulla al valore della lunga pace che abbiamo goduto o agli sforzi per rafforzare i dispositivi internazionali che riducono il rischio. Ma ci dice che la pace resta fragile e abbiamo ancora molto da studiare per capire i meccanismi in gioco» ha concluso Clauset.

Giovanni Sabato

FISICA

Buchi neri anti-censura

Uno studio teorico ha messo in discussione l'ipotesi della censura cosmica

In determinate circostanze, all'interno di un buco nero la teoria generale della relatività sarebbe incapace di prevedere eventi futuri, indipendentemente dalla conoscenza delle condizioni iniziali di un sistema e delle leggi fisiche che ne regolano l'evoluzione nel tempo. Ad affermarlo, in un articolo pubblicato su «Physical Review Letters», è un gruppo di ricercatori guidato da Vitor Cardoso dell'Università di Lisbona. La conclusione, che in pratica mina alle fondamenta il determinismo di una teoria classica come è appunto la relatività generale, è arrivata studiando come risuonano i buchi neri quando sono colpiti dalle onde gravitazionali.

In particolare, Cardoso e colleghi hanno trovato che certi tipi di buco nero possono contenere una regione in cui non è possibile fare previsioni sugli stati futuri, pur conoscendo tutti gli stati passati.

I ricercatori hanno quindi individuato una violazione della «congettura della censura cosmica», secondo cui nessun osservatore esterno può vedere quello che accade all'interno di un buco nero, ovvero al di là del suo orizzonte degli eventi, confine oltre il quale nemmeno la luce riesce a vincere la gravità. In pratica, il «censore cosmico» impedisce di vedere la «singolarità», dove le leggi della fisica cessano di valere.

Ma un buco nero in realtà ha anche un altro orizzonte, più interno, conosciuto come «orizzonte di Cauchy». Un ipotetico osservatore in caduta nel buco nero può ancora vedere l'universo esterno, ma solo fino all'orizzonte di Cauchy. Varcato questo, più nessuna informazione può arrivare da fuori.

I calcoli svolti dai ricercatori mostrano tuttavia che in un universo in espansione accelerata, come è appunto il nostro, per i buchi neri con carica elettrica e, soprattutto, per quelli rotanti, esistono soluzioni che permettono un passaggio «dolce» attraverso l'orizzonte di Cauchy e quindi di passare da un universo deterministico a uno non deterministico, violando appunto l'ipotesi della censura cosmica. Ma c'è già chi sta lavorando per dimostrare che questa violazione non può avvenire.

Emiliano Ricci

Le orbite anomale delle galassie satellite

Il modello standard della cosmologia prevede che tutte le galassie, qualunque sia la loro dimensione, nascano all'interno di aloni di materia oscura. I modelli teorici prevedono infatti che attorno agli aloni più grandi, dove si formano le galassie di maggiori dimensioni, si trovino diversi aloni più piccoli, da cui emergono le galassie nane, satelliti di quelle principali. Lo studio delle galassie satellite è quindi di importanza cruciale per verificare la bontà delle previsioni dei modelli cosmologici. Secondo i calcoli, i cosmologi si aspettano che le galassie nane orbitino in maniera casuale attorno alla loro galassia centrale. Tuttavia le osservazioni danno sistematicamente torto a queste previsioni.

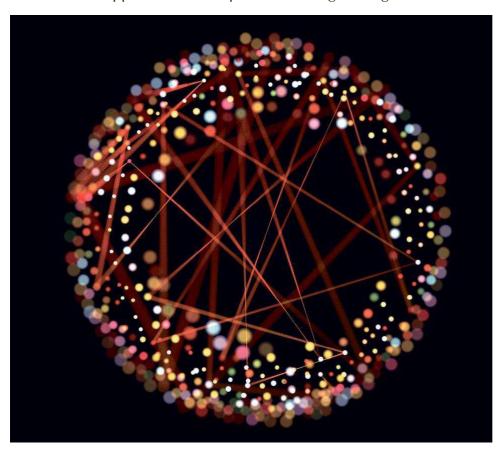
Gli astronomi sanno da tempo che le galassie satellite della Via Lattea, cioè la nostra galassia, e della galassia di Andromeda, distante 2,5 milioni di anni luce da noi, anziché in maniera casuale, si muovono disposte su un sottile piano orbitale. Ma osservazioni recenti effettuate sul sistema di galassie satellite di Centaurus A, la galassia ellittica più grande nelle nostre vicinanze (dista 13 milioni di anni luce), dimostrano che, anche in questo caso, le previsioni del modello falliscono. In particolare, 14 delle 16 galassie nane del sistema di Centaurus A hanno un moto orbitale che si svolge in maniera ordinata e coerente su un piano e non in maniera casuale in un alone tridimensionale.

La scoperta, pubblicata su «Science», arriva da un team guidato da Oliver Müller, dell'Università di Basilea, in Svizzera, i cui calcoli hanno mostrato che questa occorrenza è inconsistente con più del 99 per cento delle simulazioni basate sui modelli con materia oscura. In altre parole, secondo i calcoli, le configurazioni osservate dovrebbero essere altamente improbabili. Eppure sono lì e, a meno di non pensare che la nostra regione di universo abbia qualche proprietà particolare, queste osservazioni suggeriscono che le galassie nane si formino in altre maniere, per esempio, come il risultato di collisioni fra due galassie.

Emiliano Ricci

FISICA

Una nuova forma di luce

In condizioni opportune i fotoni possono interagire e legarsi tra loro

Se due fasci di luce si incrociano in una stanza buia, la nostra esperienza ci suggerisce che i due raggi non si «parlano» tra loro: ognuno procede per la sua direzione senza essere condizionato dalla presenza dell'altro. Ma uno studio pubblicato su «Science» da un gruppo internazionale di ricercatori, guidato da Vladan Vuletic del Massachusetts Institute of Technology di Boston e da Mikhail Lukin della Harvard University, dimostra che in certe condizioni i fotoni possono interagire e addirittura legarsi tra loro in coppie o «triplette».

Per osservare questo nuovo tipo di luce, gli scienziati hanno inviato un debole fascio laser attraverso una densa nube di atomi di rubidio, raffreddati a temperature prossime allo zero assoluto. Una volta superata la nube, i fotoni di luce appartenenti al fascio laser non apparivano più singoli, ma risultavano «legati» in gruppi di due o tre.

Secondo i ricercatori, questo comportamento è reso possibile dalla presenza degli atomi di rubidio, che agirebbero come veri e propri mediatori: all'interno della nube, i fotoni si legherebbero infatti agli atomi (resi pressoché immobili dal raffreddamento) formando una struttura ibrida detta «polaritone». A loro volta i polaritoni interagiscono tra loro tramite la parte atomica, finché in uscita i fotoni si separano dagli atomi, restando però legati in «grappoli».

A differenza di quelli ordinari, i fotoni legati hanno una massa - pari a una frazione della massa di un elettrone – e si muovono a una velocità 100.000 volte più piccola di quella della luce.

Già nel 2013 lo stesso gruppo di ricerca aveva osservato questo fenomeno per coppie di fotoni, ma il nuovo risultato mostra che l'interazione può coinvolgere un numero maggiore di quanti di luce, aprendo le porte a possibili applicazioni nell'ambito dei computer quantistici. La possibilità che i fotoni si scambino informazioni, formando veri e propri stati legati, potrebbe infatti permettere di elaborare le informazioni quantistiche in un modo nuovo e più efficiente.

Matteo Serra

I successi di LISA Pathfinder

Due cubetti di oro e platino in caduta libera hanno dimostrato che l'osservatorio spaziale per le onde gravitazionali LISA (che sta per Laser Interferometer Space Antenna) si può fare. I cubetti sono quelli della missione di test LISA Pathfinder, apripista della missione LISA vera e propria, il cui lancio è previsto per il 2034. I risultati conclusivi della missione dell'Agenzia spaziale europea sono stati pubblicati su «Physical Review Letters» e hanno mostrato non solo la fattibilità del progetto, ma anche la possibilità di ottenere risultati ancora più ambiziosi rispetto a quelli previsti, come, per esempio, rilevare i segnali della fusione di due buchi neri – e quindi dell'emissione di onde gravitazionali – molto prima che questi entrino in collisione.
L'obiettivo della missione LISA Pathfinder era capire se e quanto fosse possibile creare un ambiente privo di qualsiasi disturbo e quindi capace di evidenziare il moto delle due piccole masse guidato solo ed esclusivamente dalla forza di gravità. Obiettivo raggiunto proprio studiando con estrema precisione il moto di questi due cubi di metallo, di 2 chilogrammi ciascuno e di 4,6 centimetri di lato separati da una distanza di 38 centimetri, ospitati dalla sonda che li ha portati nello spazio e che li ha protetti da ogni eventuale perturbazione. Ora non resta che pazientare e attendere il lancio di LISA.

Emiliano Ricci

A fronte: scyther5/iStock (*buco nero*); cortesia NASA/ESA/Hubble Heritage (STScI/AURA)-ESA/Hubble Collaboration/R. O'Connell, Università della Virginia/WFC3 Scientific Oversight Committee (*Centaurus A*); questa pagina: Matjaz Slanic/iStock

CLIMA

Caldo e alluvioni su tutta Europa

Nelle città europee la frequenza degli eventi meteorologici estremi rischia di aumentare

In un regime di riscaldamento globale aumenta la temperatura media, ma anche la sua variabilità e gli eventi estremi. Così, come ha mostrato l'ondata di gelo dell'inverno passato, possiamo ancora avere qualche evento freddo, ma soprattutto un aumento notevole delle ondate di calore. Inoltre, anche il regime delle piogge viene perturbato, con periodi di siccità prolungata e precipitazioni generalmente più violente. Questo ha un impatto notevolissimo in ambiente urbano, specialmente in città strutturalmente fragili.

Ma che cosa avverrà in futuro nelle città europee? Se lo sono chiesti Selma Guerreiro, dell'Università di Newcastle, e collaboratori in uno studio pubblicato su «Environmental Research Letters». I ricercatori hanno considerato gli scenari futuri di una cinquantina di modelli climatici nell'ipotesi che si faccia assai poco per limitare le nostre emissioni: lo scenario *business as usual*. Hanno poi stimato su 571 città europee i cambiamenti di ondate di calore, siccità e alluvioni nella seconda parte di questo secolo se confrontati con quanto avvenuto nella seconda parte del secolo scorso.

I risultati hanno visto aumentare notevolmente i giorni influenzati da ondate di calore, specie nelle città dell'Europa meridionale e mediterranea, anche se, durante queste ondate, i maggiori scostamenti dalla temperatura media saranno registrati nell'Europa centrale. Le alluvioni, invece, interesseranno prevalentemente le città dell'Europa nord-occidentale, in particolare in Regno Unito.

Per quanto riguarda le città italiane, tutte saranno più o meno influenzate, ma Guerreiro e colleghi individuano Roma come una delle città in cui aumenteranno di più i giorni interessati da ondate di calore, Siracusa come una città tra le più colpite sia per le ondate di calore sia per la siccità; per questi ultimi indicatori, subito dopo vengono Bologna, Cremona, Modena e Reggio Emilia. Infine, alcune città, tra cui la più critica appare Parma, potranno essere colpite anche da fenomeni alluvionali.

Si tratta del primo studio così focalizzato sulle città, che andrà ovviamente migliorato con l'uso di modelli a più alta risoluzione.

Antonello Pasini

Contrordine: l'ozono diminuisce

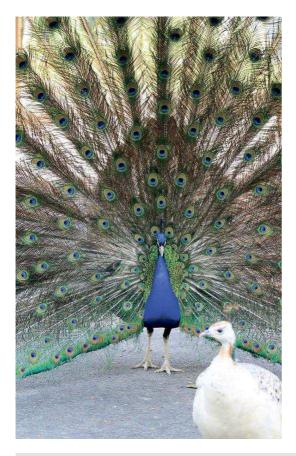
A giugno 2017 era arrivata un'ottima notizia: il buco nello strato di ozono sopra i poli della Terra si sta chiudendo. L'ozono si trova nella stratosfera, la regione dell'atmosfera compresa fra 15 e 60 chilometri di altitudine, dove assorbe radiazione UV che proviene dallo spazio ed è letale per piante e animali. Ai poli l'ozono era a rischio a causa di gas refrigeranti clorurati prodotti dall'uomo che lo distruggono, e per questo vietati dal 1987. Ora però il fisico dell'atmosfera William Ball del Politecnico di Zurigo ha rovinato la festa; su «Atmospheric Chemistry and Physics» ha mostrato che secondo i dati satellitari in effetti la concentrazione dell'ozono è in aumento alla quota di 30 chilometri sopra i poli, ma è in diminuzione fra 15 e 25 chilometri alle latitudini comprese fra 60° nord e 60° sud, l'area che ospita gran parte dell'umanità e dell'agricoltura. «Le cause non sono chiare», ammette Ball. «Potrebbe essere un effetto del cambiamento climatico, che accelera il rimescolarsi dell'aria fra le varie latitudini, oppure gli strati più bassi dell'ozonosfera, dove si trova la maggior parte di questo gas, sono vulnerabili ad altre molecole contenenti cloro e bromo, che produciamo in gran quantità e che non sono state vietate nel 1987 perché ritenute troppo instabili per arrivare fino all'ozonosfera.»

Alex Saragosa

Andreas Solaro/AFP/Getty Images

ECOLOGIA

Se la battaglia tra sessi crea biodiversità

La specializzazione dei sessi in una stessa specie può sostituire l'evoluzione di nuove specie

Che cos'è la biodiversità? La ricchezza di specie di un ecosistema. Esatto, ma non del tutto. La risposta non è completa, come spiega uno studio pubblicato su «Global Ecology and Biogeography». La teoria degli autori, coordinati dal biologo Daniel Pincheira-Donoso dell'Università di Exeter, è quella di una «equivalenza funzionale» tra sessi e specie in chiave ecologica.

Spieghiamo meglio. Negli ambienti in cui la competizione per le risorse tra specie è bassa mentre è elevata quella tra maschi e femmine di una stessa specie, la selezione può favorire l'evoluzione di un dimorfismo sessuale così «spinto» da portare alla separazione delle nicchie ecologiche occupate dai sessi. Detto in modo più semplice, le differenze tra i maschi e le femmine della specie diventano così pronunciate da sembrare il risultato di un vero e proprio processo di speciazione: i sessi si specializzano nel consumo di risorse differenti e vanno a occupare nicchie distinte.

Ma questo, spiegano i ricercatori, significa che diminuisce lo spazio disponibile per sostenere l'eventuale evoluzione di nuove specie. Tuttavia, date le marcate differenze morfologiche ed ecologiche osservate tra i sessi, si può dire che la biodiversità aumenta.

«L'evoluzione dei sessi all'interno di una specie può sostituire l'evoluzione di nuove specie, un fenomeno intrigante che aggiunge altre informazioni alla nostra comprensione di come si crea biodiversità», ha commentato Pincheira-Donoso.

I ricercatori non si sono limitati a ragionare sulla teoria ma l'hanno verificata studiando la distribuzione di quasi 50 specie di lucertole del genere *Liolaemus* in Cile e Argentina. Specie e sessi sono in effetti antagonisti: negli ambienti dove coesistono più specie diminuisce il dimorfismo sessuale intraspecifico e viceversa. Un'ulteriore analisi ha poi svelato che l'evoluzione dei sessi è più probabile in ambienti caratterizzati da una scarsa copertura vegetale e basse latitudini.

Martina Saporiti

Bonobo e scimpanzé parlano la stessa lingua

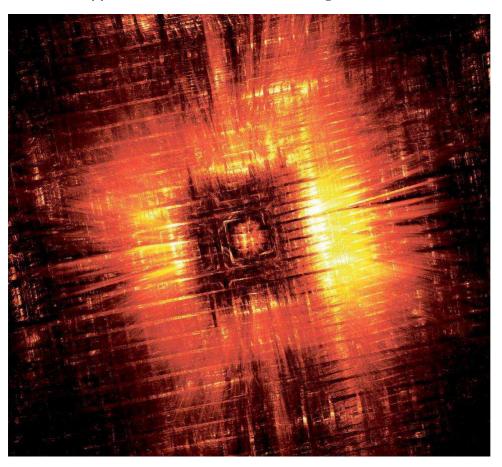
Sebbene tutte le grandi scimmie condividano buona parte della gestualità, il significato che le diverse specie assegnano ai singoli gesti non sempre coincide. Eppure, secondo uno studio pubblicato su «PLoS Biology» da etologi dell'Università di York e dell'Università di St. Andrew, insieme a colleghi dell'Università di Kyoto, in bonobo e scimpanzé la sovrapposizione è sostanziale e potrebbe indicare che i gesti sono ereditati biologicamente. I ricercatori hanno esaminato oltre 10.000 interazioni fra i membri di due popolazioni di bonobo nella Repubblica democratica del Congo, e di una popolazione di scimpanzé in Uganda. Nonostante in alcuni casi il significato dei gesti sia univoco, in altri cambia a seconda del contesto in cui è compiuto. Aiutandosi con l'analisi statistica per escludere le associazioni casuali, i ricercatori hanno definito sistematicamente alcuni significati osservando la reazione dell'interlocutore e dunque il grado di soddisfazione della controparte. In un repertorio di circa 70 gesti, ne sono stati isolati 33 a cui era possibile attribuire un significato preciso: indicazioni spaziali, come «spostati», azioni da compiere, come «arrampicati», oppure inviti, come «accoppiamoci». Il confronto ha evidenziato che la sovrapposizione di significato nei gesti di scimpanzé e bonobo si attesta tra l'88 e il 96 per cento, contro l'80 per cento tra scimpanzé e orangutang e il 60 per cento tra scimpanzé e gorilla, stimate in precedenza. Poiché bonobo e scimpanzé si sono separati non più di due milioni di anni fa, molti dei gesti potrebbero essere stati condivisi con il loro ultimo antenato comune, forse anche con il nostro. «Abbiamo iniziato a valutare la possibilità che l'essere umano condivida parte della gestualità delle grandi scimmie. E dunque possa comprenderne il significato», ha commentato Kirsty Graham, dell'Università di York, prima autrice dell'articolo.

Davide Michielin

COMPUTER SCIENCE

L'intelligenza artificiale studia i quanti

I sistemi di apprendimento automatico sono in grado di ricostruire sistemi quantici complessi

sakkmesterke /iStock(*chip*); A fronte: EyeEm/Getty images (*pavoni*); Getty Images (*scimpanzé*)

I sistemi di intelligenza artificiale basati sull'apprendimento automatico, o *machine learning*, sono sempre più diffusi. Nessuno però aveva pensato di applicarli allo studio della fisica quantistica, come invece ha fatto un gruppo di scienziati provenienti da Flatiron Institute di New York, Politecnico federale di Zurigo (ETH), in Svizzera, e Università di Waterloo, in Canada, che a riguardo hanno pubblicato un articolo su «Nature Physics».

L'osservazione del mondo quantistico oggi si limita a sistemi molto semplici, composti da un numero limitato di particelle, per esempio elettroni. Questo perché in un sistema quantistico le particelle possono assumere molte configurazioni differenti. Al momento di una singola osservazione tutta l'estrema complessità di un sistema si «appiattisce» e appare solo in una delle tante configurazioni possibili. Una descrizione completa di un sistema del genere richiede dunque un gran numero di esperimenti. «Se poi il numero di particelle aumenta le cose si complicano a livello esponenziale: per esempio, un elettrone può avere due stati di spin, quindi un sistema di cinque elettroni può assumere 32 configurazioni possibili, ma 100 elettroni possono averne un milione di trilioni di trilioni (10^{42})», spiega Giuseppe Carleo dell'ETH. Osservarle tutte in laboratorio sarebbe impossibile, ma non per un sistema di apprendimento automatico: grazie alla sua capacità di autoapprendere e migliorare i risultati via via che i dati aumentano, come hanno mostrato gli autori, un sistema di intelligenza artificiale può ricostruire un sistema quantistico composto da otto elettroni basandosi su appena un centinaio di test in laboratorio contro il milione necessario con il metodo tradizionale.

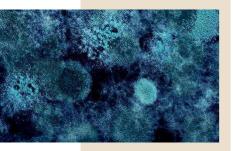
L'applicazione, secondo Carleo, può avere ricadute utili anche al di là della ricerca sulla fisica fondamentale: «Potremmo usare il metodo che abbiamo sviluppato in altri contesti. Magari un giorno potremmo avere un'auto a guida autonoma ispirata alla meccanica quantistica».

Riccardo Oldani

Vedere quello che un altro vede, con l'EEG

Un gruppo di ricercatori dell'Università di Toronto-Scarborough è riuscito per la prima volta a ricostruire su uno schermo come l'immagine di un volto è percepita da una persona, basandosi solo sui segnali del suo elettroencefalogramma (EEG). Dan Nemrodov e colleghi hanno descritto l'esperimento su «eNeuro», la rivista open-access della Society for Neuroscience degli Stati Uniti. La ricostruzione di immagini a partire da dati di neuroimaging non è una novità, ma finora era stata realizzata solo con l'impiego della risonanza magnetica funzionale (fMRI), che però richiede apparecchi molto più ingombranti e costosi di quelli impiegati nell'EEG. La tecnica messa a punto da Nemrodov si basa su una serie di algoritmi usati nell'apprendimento automatico delle macchine; le applicazioni pratiche che potrebbero derivare dal perfezionamento di questo approccio sono molteplici. In particolare, quello che gli scienziati hanno saputo sfruttare è la possibilità dell'EEG di registrare l'attività cerebrale nell'ordine dei millisecondi, cioè in modo molto più preciso rispetto all'fMRI, che lavora invece sulla scala dei secondi. I ricercatori canadesi sono fiduciosi che il metodo possa essere presto applicato alle immagini di oggetti generici e non solo ai volti.

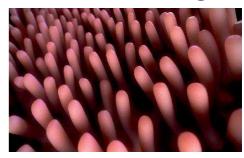
Marina Semiglia

Una pioggia di virus e batteri

C'è un traffico intenso nell'atmosfera, ma a non sono uccelli o aeroplani bensì microrganismi. A misurarne la portata è uno studio pubblicato sull'«International Society for Microbial Ecology Journal» dal virologo Curtis Suttle dell'Università della British Columbia, in Canada, e colleghi.
Installando dei rilevatori sulle montagne spagnole della Sierra Nevada, i ricercatori hanno scoperto che ogni giorno «piovono» dal cielo da 260 milioni a oltre sette miliardi di virus per metro quadrato (per i batteri le precipitazioni sono tra 9 e 461 volte più basse). I microrganismi sono sollevati da polveri e aerosol oltre lo strato limite planetario (i primi 2-3 chilometri dell'atmosfera a contatto con la superficie terrestre) e qui viaggiano per migliaia di chilometri per poi ricadere trascinati da piogge e tempeste di sabbia. Nonostante i lunghi spostamenti, rimangono vitali e, una volta a terra, entrano a far parte degli ecosistemi influenzandone struttura e dinamiche. I virus, per lo più di origine marina, sono trasportati dalle particelle più piccole e per questo viaggiano più a lungo coprendo le distanze maggiori, il che spiegherebbe perché sono stati trovati gli stessi ceppi in luoghi lontanissimi della Terra. **(MaSa)**

Grigi e rossi, una gara tra gli scoiattoli

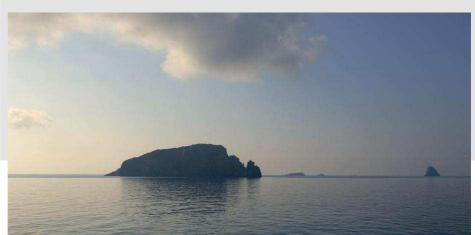
L'Unione internazionale per la conservazione della natura lo considera tra la 100 specie aliene più invasive. Lo scoiattolo grigio (*Sciurus carolinensis*) è arrivato in Europa dal Nord America nel XIX secolo e ha praticamente soppiantato il «nostro» scoiattolo rosso (*Sciurus vulgaris*). Il successo ecologico degli scoiattoli grigi è dovuto al fatto che sono più grandi, più resistenti alle malattie e, come suggerisce uno studio pubblicato su «Animal Behaviour», anche più intelligenti (flessibili nel comportamento).

Pizza Ka YeeChow dell'Università di Exeter e i suoi colleghi hanno osservato scoiattoli grigi e scoiattoli rossi alle prese con due problemi da risolvere: il più semplice consisteva nel sollevare il coperchio di un contenitore per prendere una nocciola; il più complesso richiedeva di spingere o tirare leve per appropriarsi della ricompensa nascosta in scatole trasparenti. Se nel primo test nessuno scoiattolo ha trovato difficoltà, nel secondo solo il 62 per cento dei rossi ha risolto la prova contro il 91 per cento degli scoiattoli grigi. La maggiore flessibilità comportamentale di questi ultimi, non si sa se innata oppure acquisita nel nuovo ambiente per la necessità di affrontare nuove sfide, potrebbe averne determinato il successo nella competizione per il cibo con i rossi. **(MaSa)**

L'intestino su un chip

Riprodotto per la prima volta in laboratorio un tessuto vivente su un chip. Come si legge su «Cellular and Molecular Gastroenterology and Hepatology», si tratta della parete interna dell'intestino umano, ed è stato realizzato da scienziati del Regenerative Medicine Institute Cedars-Sinai, a Los Angeles, diretti da Michael J.Workman in collaborazione con un'azienda di Boston che produce biochip.

Gli scienziati hanno usato staminali umane, cellule in grado di differenziarsi in vari tessuti se stimolate in modo opportuno, per realizzare una copia in miniatura dell'intestino su chip, capace di formare strutture ripiegate molto simili ai villi intestinali dell'organismo. Il tessuto permetterà di testare in modo semplice ed economico nuovi farmaci da usare contro malattie dell'intestino, come sindromi del colon irritabile, malattie infiammatorie croniche come il morbo di Crohn o forme di colite ulcerosa. **(DaPa)**

Un campo di camini vulcanici nel fondale di Panarea

L'hanno chiamato Smoking Land ed è un vasto sito idrotermale scoperto sul fondale delle Eolie, tra le isole di Panarea e Basiluzzo. Una struttura così estesa e complessa non ha eguali nel Mediterraneo ma solo in aree oceaniche. È costituito da circa 200 strutture coniche, composte soprattutto da ossidi di ferro, con un'altezza da 1 a 4 metri e una base con diametro medio di 3,8 metri. La scoperta, illustrata su «PLoS ONE», è stata possibile grazie alla collaborazione tra Istituto di scienze marine del Consiglio nazionale delle ricerche, Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (INGV) e Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, coadiuvati da Marina Militare, Istituto per l'ambiente marino costiero, Università di Genova e Università di Messina.
Il sospetto che quei fondali potessero celare un vasto sito idrotermale risale a novembre 2002, quando l'INGV rilevò un'improvvisa e forte attività esalativa tra gli isolotti al largo di Panarea. Negli anni successivi, varie campagne oceanografiche hanno battuto l'area interessata per trovare altre zone di degassamento. Ma solo nel 2015 un sottomarino a comando remoto ha individuato i camini, colonizzati da alghe e organismi bentonici, alcuni dei quali con evidenti emissioni di fluidi idrotermali e bolle di gas. **(DaMi)**

iStock (*microbi*); Eraxion/iStock (*villi intestinali*); Maremagnum/Getty Images (*Panarea*)

Una coda inaspettata

Vista l'importanza per la riproduzione, ci si aspetterebbe che gli spermatozoi umani non abbiano più segreti. Eppure, un gruppo di ricerca coordinato da Davide Zabeo dell' Università di Göteborg ha individuato nel loro flagello (la coda) una struttura nuova, descritta su «Scientific Reports».

La scoperta è avvenuta grazie alla tomografia crioelettronica, una tecnica di microscopia premiata nel 2017 con il Nobel per la chimica, che fornisce spettacolari immagini tridimensionali a risoluzione molecolare di strutture cellulari. Osservando una coda di spermatozoo in sezione, i ricercatori hanno notato una struttura a spirale che dall'estremità si estende per circa un decimo della sua lunghezza. Non è chiara la sua funzione, ma potrebbe fungere da tappo, impedendo ai microtubuli che formano la coda di deformarsi e rendendo in questo modo il nuoto dello spermatozoo più efficiente. **(EuMe)**

L'inondazione che riempì il Mare Nostrum

Un grande volume di sedimenti profondo fino a 860 metri nel canale di Sicilia, chiamato «Unità 2», sarebbe una delle prove più solide del fatto che una gigantesca inondazione avrebbe riempito il Mediterraneo cinque milioni di anni fa. Lo afferma uno studio coordinato da Aaron Micallef, dell'Università di Malta, e pubblicato su «Scientific Reports». Sei milioni di anni fa, la chiusura del collegamento fra Mediterraneo e Atlantico portò alla scomparsa quasi totale del Mediterraneo: la cosiddetta crisi di salinità del Messiniano. Secondo un'ipotesi, un milione di anni dopo un'enorme quantità d'acqua sarebbe entrata dallo stretto di Gibilterra, e avrebbe riempito il Mediterraneo in un periodo brevissimo, al massimo due anni.

Ora, Micallef e colleghi hanno verificato che i depositi dell'Unità 2 hanno una struttura caratteristica tipica dei sedimenti delle inondazioni; inoltre, si innalzano su una spessa coltre di sale. Secondo lo studio, i sedimenti verrebbero dal materiale trascinato dall'inondazione che, attraverso lo stretto di Sicilia, riempì il bacino ionico del Mediterraneo. Il punto di accesso a questo bacino sarebbe il canyon sottomarino di Noto, che con la sua forma ad anfiteatro e una larghezza di sei chilometri ricorda i canyon creati della mega inondazioni. **(MiCa)**

La qualità dell'aria urbana migliora ma non abbastanza

Prima la buona notizia: la qualità dell'aria nelle città italiane sta migliorando. E ora la cattiva: non è ancora abbastanza migliorata da evitarci le sanzioni europee. È quanto si legge nel rapporto *MobilitAria 2018*, realizzato dall'Istituto sull'inquinamento atmosferico (IIA) del Consiglio nazionale delle ricerche e dall'organizzazione no profit Kyoto Club, e basato su dati registrati tra il 2006 e il 2016 nelle 14 più grandi città italiane. L'anidride carbonica, per esempio, è diminuita fino al 46 per cento in dieci anni, con città come Bari o Venezia che rientrano ormai nei limiti di legge. Ma Milano, Torino, Napoli, Genova e Roma continuano a sforare sia i limiti giornalieri sia quelli del numero massimo annuo di sforamenti. Per il PM10 la situazione è simile, in dieci anni è crollato, con punte di -47 per cento a Torino e -35 per cento a Roma. Ma anche se nel 2016 nessuna città ha superato la media annua massima consentita, gli sforamenti giornalieri sono stati numerosi, anche molto oltre i 35 consentiti: per esempio Messina li ha superati per 126 volte, Torino 96 volte, Milano per 73, Roma 43 volte. Provvedimenti come ZTL, car e bike sharing, blocchi del traffico e restrizione dei veicoli inquinanti, hanno funzionato, insomma, almeno in parte.

«Ma l'uso dell'auto privata nelle città italiane è ancora troppo alto, e va sia diminuito, con migliori trasporti pubblici, sia reso meno inquinante, con più mezzi elettrici e a gas», ha dichiarato Nicola Pirrone, direttore dell'IIA. **(AlSa)**

La speranza di vita non aumenta più

E tanti saluti a chi prefigurava che un giorno vivremo tutti 120 anni: David Bishai, epidemiologo della Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, ha rivelato che la crescita della speranza di vita si è quasi fermata nel mondo. Lo studio, pubblicato su «BMC Public Health», ha esaminato i dati sulla durata della vita media in 130 paesi fra il 1950 e il 2009, scoprendo che se negli anni cinquanta erano stati guadagnati in media 9,7 anni di vita, fra il 2000 e il 2009 l'aumento è stato di 1,9 anni. Nei paesi con una vita media

oggi maggiore di 70 anni, già vicina quindi ai limiti biologici, all'inizio del XXI secolo si sono aggiunti solo altri 2,4 anni. Ma nei paesi con una durata media di vita sotto i 51 anni, fra il 2000 e il 2009 si è addirittura tornati indietro, perdendo 6,8 anni dei 7,4 guadagnati negli anni cinquanta: un disastro in parte dovuto all'AIDS, ma anche alle ripetute crisi politiche ed economiche. «Lo studio mostra che sperare di allungare la speranza media di vita con l'alta tecnologia è futile», dice Bishai. «Gli enormi investimenti attuali in ricerca hanno portato a progressi marginali, mentre i grandi progressi degli anni cinquanta sono stati ottenuti con mezzi semplici ed economici, come vaccini, medicina di base o igiene». **(AlSa)**

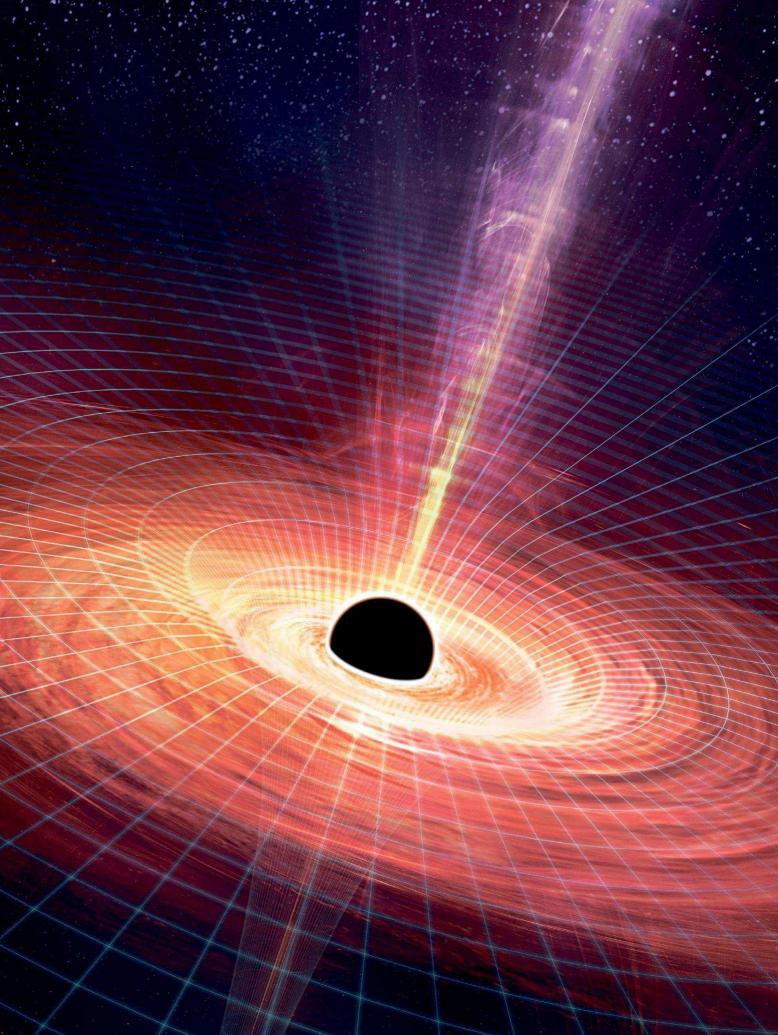
iStock (*spermatozoo*); fbxx/iStock (*Torino*); diego_cervo/iStock (*anziani*)

ASTROFISICA

L'ORIGINE DEI PRIMI BUCHI NERI "MOSTRO"

Gli astronomi cercano di capire come i buchi neri supermassicci più antichi possano essere cresciuti così tanto ai primordi della storia cosmica

di Priyamvada Natarajan

Illustrazione di Mark Ross

Priyamvada Natarajan è astrofisica teorica alla Yale University; la sua ricerca riguarda cosmologia, lenti gravitazionali e buchi neri.

Immaginiamo l'universo neonato. La maggior parte degli scienziati ritiene che lo spazio e il tempo abbiano avuto origine con il big bang. Da quell'inizio caldo e denso il cosmo si espanse e si raffreddò, ma ci volle un po' prima che stelle e galassie iniziassero a punteggiare il cielo. Fu solo 380.000 anni circa dopo il big bang che gli atomi poterono rimanere coesi e riempire l'universo, per lo più di idrogeno. Quando il cosmo raggiunse un'età di alcune centinaia di milioni di anni, questo gas si radunò a formare le prime stelle, che costituirono ammassi che si riunirono in galassie, la più antica delle quali apparve 400 milioni di anni dopo la nascita dell'universo. Si è scoperto che, sorprendentemente, anche un'altra classe di oggetti astronomici cominciò ad apparire in quel periodo: i quasar.

I quasar sono oggetti estremamente luminosi alimentati da gas che cade in buchi neri supermassicci. Sono tra gli oggetti più brillanti dell'universo, visibili fino ai confini più remoti dello spazio. I quasar più distanti sono anche i più antichi, e quelli più vecchi in assoluto rappresentano un mistero.

Per essere visibili a distanze incredibili, questi quasar devono essere alimentati da buchi neri con circa un miliardo di volte la massa del Sole. Le teorie sulla formazione e la crescita dei buchi neri prevedono che un buco nero abbastanza grande da alimentare questi quasar non si sarebbe potuto formare in meno di un miliardo di anni. Nel 2001, tuttavia, con la Sloan Digital Sky Survey, gli astronomi hanno iniziato a rilevare quasar ancora più vecchi. Il quasar più antico e più lontano conosciuto, segnalato lo scorso dicembre, esisteva appena 690 milioni di anni dopo il big bang. In altre parole, non sembra che ci sia stato abbastanza tempo nella storia dell'universo affinché si formassero quasar come questo.

Molti astronomi ritengono che i primi buchi neri – i cosiddetti semi di buchi neri – siano i resti delle prime stelle, i cadaveri rimasti dopo che le stelle sono esplose in supernove. La massa di questi resti stellari, però, non dovrebbe essere più grande di poche centinaia di masse solari. È difficile immaginare uno scenario in cui i buchi neri che alimentano i primi quasar siano cresciuti a partire da semi così piccoli.

Per risolvere questo enigma, una decina d'anni fa alcuni colleghi e io abbiamo proposto un modo in cui possano essersi formati semi di buchi neri di massa sufficiente a spiegare i primi quasar, senza coinvolgere la nascita e la morte delle stelle. Questi semi si sarebbero formati direttamente dal gas. Li chiamiamo buchi neri a collasso diretto (*direct-collapse black hole*, DCBH). Nell'ambiente giusto, i buchi neri a collasso diretto potrebbero essere nati con 10^4 o 10^5 masse solari poche centinaia di milioni di anni dopo il big bang. Con questo vantaggio iniziale, avrebbero potuto facilmente arrivare a 10^9 o 10^{10} masse solari, producendo in questo modo gli antichi quasar che rendono perplessi gli astronomi da quasi due decenni.

La domanda è se questo scenario si sia effettivamente verificato. Quando nel 2019 probabilmente sarà lanciato il James Webb Space Telescope (JWST), dovremmo essere in grado di scoprirlo.

I primi semi

I buchi neri sono oggetti astronomici enigmatici, aree in cui la gravità è così immensa che ha deformato lo spazio-tempo al punto che nemmeno la luce ne può sfuggire. Solo con la scoperta dei quasar, che permettono agli astronomi di vedere la luce emessa dalla materia che cade nei buchi neri, abbiamo avuto la prova che si trattava di oggetti reali e non solo di curiosità matematiche previste dalla teoria generale della relatività di Albert Einstein.

Si ritiene che la maggior parte dei buchi neri si formi quando stelle di massa molto elevata – quelle con più di dieci volte la massa del Sole – esauriscono il loro combustibile nucleare e iniziano a raffreddarsi e quindi a contrarsi. Alla fine la gravità prevale e la stella collassa, scatenando un'esplosione catastrofica,

IN BREVE

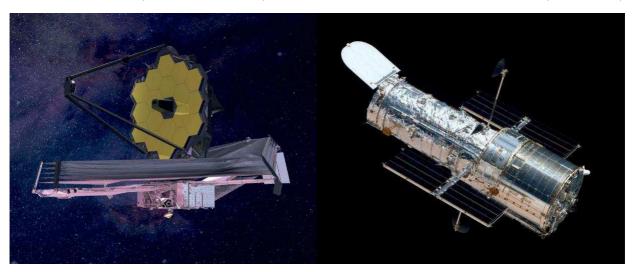
Osservando l'antico, lontanissimo universo si vedono i quasar, oggetti assai luminosi alimentati da enormi buchi neri. Tuttavia non è chiaro come abbiano fatto buchi neri così grandi a formarsi rapidamente dopo il big bang.

Per risolvere il mistero è stato proposto un meccanismo per la formazione dei buchi neri. Invece di nascere dalla morte di enormi stelle, i semi dei più antichi buchi neri supermassicci potrebbero essersi formati direttamente dal collasso di nubi di gas.

Forse troveremo prove dei buchi neri a collasso diretto grazie al James Webb Space Telescope, che dovrebbe vedere più indietro nello spazio e nel tempo di qualsiasi strumento precedente.

Un confronto tra Hubble e Webb

Il James Webb Space Telescope non è un semplice rimpiazzo del telescopio spaziale Hubble; è piuttosto un suo successore. La scienza del primo sarà infatti basata sulle scoperte ottenute dal secondo, per andare oltre quello che Hubble ha già raggiunto. Webb tra l'altro studierà il cosmo principalmente nell'infrarosso; Hubble osserva l'universo soprattutto nell'ottico e nell'ultravioletto. E non è l'unica differenza (*si veda lo schema*).

Cortesia NASA (*Hubble*); cortesia Northrop Grumman (*Webb*)

James Webb		Hubble
Collocato a 1,5 milioni di chilometri dalla Terra, nel punto L2	Entrambi si trovano nello spazio al di sopra dell'atmosfera terrestre	Compie un'orbita attorno alla Terra ogni 95 minuti circa, a un'altezza di 547 chilometri
Lo specchio primario ha 18 segmenti composti di berillio e ha un diametro di circa 6,5 metri	Entrambi usano uno specchio per catturare e focalizzare la luce	Lo specchio principale è un'unico specchio di vetro del diametro di 2,4 metri
Sarà lanciato con un razzo Arianne 5 e impiegherà circa un mese per raggiungere il punto L2	Entrambi usano pannelli solari per catturare la luce del Sole e usarla come fonte di energia	Progettato per una manutenzione effettuata da astronauti
Peso dello specchio: 276 chilogrammi		Posto in orbita attorno alla Terra da astronauti a bordo dello space shuttle Discovery
Durata della missione: 5-10 anni		Peso dello specchio: 828 chilogrammi
		Durata della missione: oltre 25 anni

cioè una supernova, e lasciandosi dietro un buco nero. Tradizionalmente gli astronomi presumevano che anche la maggior parte dei buchi neri che alimentano i primi quasar si fossero formati in questo modo. Potrebbero essere nati dalla scomparsa delle prime stelle dell'universo (stelle di popolazione III), che riteniamo si siano formate quando il gas primordiale si raffreddò e si frammentò, circa 200 milioni di anni dopo il big bang. Le stelle di popolazione III avevano probabilmente massa maggiore delle stelle nate in seguito nel cosmo, il che significa che avrebbero potuto lasciarsi dietro buchi neri pesanti anche diverse centinaia di masse solari. Inoltre è probabile che queste stelle si siano formate in ammassi densi, e quindi i buchi neri creati dalle loro morti si sarebbero fusi insieme, generando buchi neri di varie migliaia di masse solari. Anche buchi neri così grandi, però, sono ancora lontani dalla massa necessaria per alimentare gli antichi quasar.

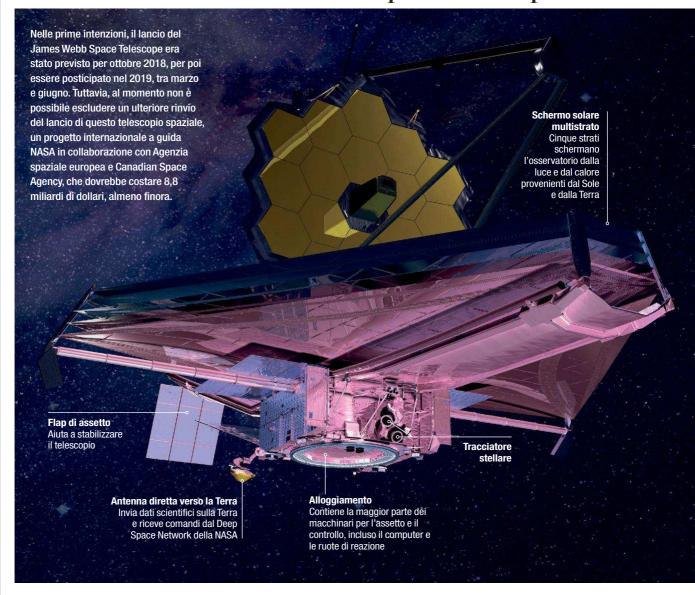
Ci sono anche teorie secondo cui i cosiddetti buchi neri primordiali potrebbero essere nati in un momento ancora precedente della storia cosmica, quando lo spazio-tempo si sarebbe espanso esponenzialmente in un processo noto come inflazione. È possibile che i buchi neri primordiali si siano formati dalla coalescenza di minuscole fluttuazioni nella densità dell'universo e siano poi cresciuti via via che l'universo si espandeva. Questi semi, però, sarebbero pesati solo tra 10 e 100 masse solari, presentando lo stesso problema dei resti della popolazione III.

Come spiegazione per i primi quasar, ognuno di questi percorsi verso la formazione di semi di buco nero ha lo stesso problema: i semi dovrebbero crescere a velocità straordinariamente elevata nel primo miliardo di anni della storia cosmica per dare origine ai primi quasar. E quello che sappiamo sulla crescita dei buchi neri ci dice che questo scenario è altamente improbabile.

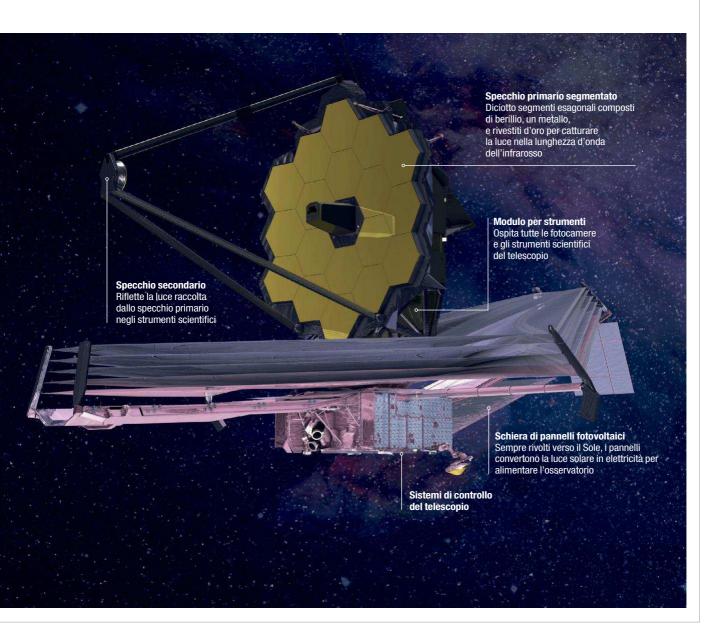
Alimentare un buco nero

La nostra conoscenza attuale della fisica suggerisce che esista una velocità di alimentazione ottimale, nota come velocità di Eddington, a cui i buchi neri acquisiscono massa nel modo più efficiente. Un buco nero che si alimenta alla velocità di Eddington

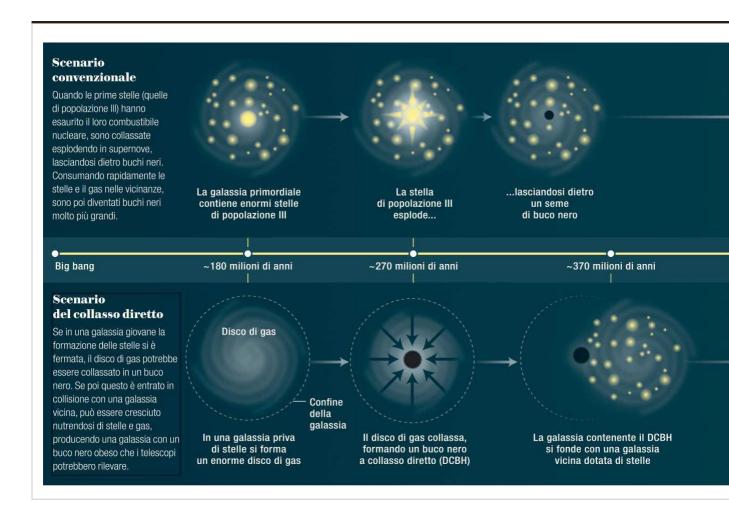
Ritratto del James Webb Space Telescope

Cortesia Northrop Grumman (*illustrazione in questa pagina e nella pagina a fronte*)

crescerebbe esponenzialmente, raddoppiando la massa ogni 10^7 anni circa. Per giungere a 10^9 masse solari, un seme di buco nero di dieci masse solari dovrebbe inghiottire stelle e gas ininterrottamente alla velocità di Eddington per un miliardo di anni. È difficile spiegare come un'intera popolazione di buchi neri possa nutrirsi continuamente in modo così efficiente.

Anzi, se i primi quasar fossero derivati da semi di buco nero di popolazione III, avrebbero dovuto alimentarsi ancora più velocemente della velocità di Eddington. Superare questo tasso è teoricamente possibile in circostanze speciali, in ambienti densi e ricchi di gas, e queste condizioni potrebbero essere state disponibili nell'universo delle origini, ma non sarebbero state comuni e sarebbero state di breve durata. Inoltre, una crescita eccezionalmente rapida può in realtà provocare un «soffocamento» in cui le radiazioni emesse durante questi episodi di super-Eddington potrebbero alterare e persino bloccare l'afflusso di massa al buco nero, fermandone la crescita. Date queste restrizioni, sembra che un'alimentazione eccessiva possa spiegare alcuni quasar anomali, ma non l'esistenza dell'intera popolazione osservata, a meno che quello che sappiamo attualmente della velocità di Eddington e del processo di alimentazione del buco nero sia errato.

Dobbiamo quindi chiederci se i primi semi di buco nero possano essersi formati per altra via. Partendo dal lavoro di altri gruppi di ricerca, il mio collaboratore Giuseppe Lodato, dell'Università degli Studi di Milano, e io abbiamo pubblicato una serie di articoli nel 2006 e nel 2007 in cui ipotizzavamo un nuovo meccanismo che avrebbe potuto produrre semi di buco nero con massa maggiore fin dall'inizio. Abbiamo cominciato con dischi di gas grandi e incontaminati che altrimenti si sarebbero raffreddati e frammentati, dando origine a stelle fino a diventare galassie. Abbiamo

dimostrato che è possibile che i dischi aggirino questo processo diffuso e invece collassino in ammassi densi che formano semi di buchi neri che pesano da 10^4 a 10^6 masse solari. Si può giungere a questo risultato se qualcosa interferisce con il normale processo di raffreddamento che porta alla formazione stellare, e invece fa in modo che l'intero disco diventi instabile e incanali rapidamente la materia verso il centro, come l'acqua che scende dallo scarico della vasca quando si toglie il tappo.

I dischi si raffreddano in modo più efficiente se il loro gas contiene idrogeno molecolare – cioè due atomi di idrogeno legati insieme – invece dell'idrogeno atomico, formato da atomi singoli. Tuttavia se la radiazione proveniente dalle stelle di una galassia vicina colpisce il disco può distruggere l'idrogeno molecolare e trasformarlo in idrogeno atomico, che a sua volta rallenta il raffreddamento, mantenendo il gas troppo caldo per poter formare le stelle. Senza stelle, questo immane disco irradiato può diventare instabile dinamicamente e la materia si riverserebbe rapidamente al suo centro, provocando rapidamente la produzione di un enorme buco nero a collasso diretto. Poiché questo scenario dipende dalla presenza di stelle vicine, ci aspettiamo che i DCBH si formino tipicamente in galassie satellite che orbitano attorno a galassie madri più grandi dove si sono già formate le stelle della popolazione III.

Sia le simulazioni di flussi di gas su larga scala sia la fisica dei processi su piccola scala accreditano questo modello della formazione dei DCBH. Sembra quindi che l'idea di semi iniziali molto grandi nell'universo primordiale sia possibile. E partire da semi di queste dimensioni risolve il problema dei tempi di formazione dei buchi neri supermassicci che alimentano i quasar più brillanti e più lontani.

Alla ricerca delle prove

Ma il fatto che i semi di DCBH siano possibili non significa che esistano realmente: per capire come stanno le cose dobbiamo cercare prove di tipo osservativo. Questi oggetti apparirebbero come luminosi quasar in miniatura che risplendono nell'universo primordiale. Dovrebbero essere rilevabili durante una fase specifica in cui il seme si fonde con la galassia madre, e questo processo dovrebbe essere frequente, dato che i DCBH probabilmente si formano in galassie satellite in orbita attorno ad altre più grandi. Una fusione darebbe al seme di buco nero una nuova ricca fonte di gas di cui nutrirsi, e così il buco nero dovrebbe iniziare a crescere rapidamente. Anzi, si trasformerebbe in un tipo speciale di quasar più luminoso di tutte le stelle della galassia.

Questi buchi neri non solo saranno più splendenti delle stelle circostanti, ma saranno anche più pesanti, un'inversione dell'ordine abituale delle cose. In generale, le stelle di una galassia superano in massa i buchi neri centrali di circa un fattore 1000. Dopo che la galassia che ospita il DCBH si fonde con la sua galassia genitrice, invece, la massa del buco nero in crescita supererà brevemente quella delle stelle. Un oggetto del genere, detto «galassia con buco nero obeso» (OBG), dovrebbe avere una traccia spettrale molto caratteristica, in particolare nelle lunghezze d'onda dell'infrarosso tra 1 e 30 micrometri, dove opereranno lo strumento per gli infrarossi medi (MIRI) e la telecamera per gli infrarossi vicini (NIRCam) del JWST. Questo telescopio sarà lo strumento più potente che gli astronomi abbiano mai avuto per scrutare le prime fasi della storia cosmica. Se il telescopio rileva queste galassie con buchi neri obesi, fornirà una forte prova a favore della nostra teoria DCBH. D'altro canto, i semi di buco nero tradizionali che derivano da stelle morte sono presumibilmente troppo fiochi perché il JWST o altri telescopi li possano vedere.

C'è anche la possibilità di trovare altre prove per la nostra teoria. Nel raro caso in cui la galassia genitrice che si fonde con il DCBH ospiti anche un buco nero centrale, i due buchi neri collideranno e genereranno potenti onde gravitazionali, che potrebbero essere rilevabili dalla Laser Interferometer Space Antenna (LISA), una missione dell'Agenzia spaziale europea e della NASA prevista per gli anni trenta di questo secolo.

Un'immagine più completa

È possibile che nell'universo delle origini si siano verificati sia lo scenario DCBH sia quello dei piccoli semi che si alimentano a velocità super-Eddington. Anzi, i primissimi semi di buchi neri si formarono probabilmente attraverso entrambe queste vie. La domanda è: per quale strada è nata la maggior parte degli antichi quasar luminosi osservati dagli astronomi? Risolvere questo mistero potrebbe fare molto di più che chiarire la cronologia del cosmo primordiale. Gli astronomi vogliono anche capire in modo più ampio l'effetto dei buchi neri supermassicci sulle galassie che li circondano.

I dati suggeriscono che i buchi neri centrali possano svolgere un ruolo importante nel regolare il numero di stelle che si for-

Illustrazione di Amanda Montañez

Due modi per fare un buco nero

L'immagine convenzionale del processo che ha formato i primi buchi neri supermassicci (*in alto*), che inizia con la morte delle prime stelle, non sembra in grado di spiegare le enormi dimensioni dei buchi neri che devono alimentare i quasar più antichi. Un'idea più recente (*in basso*) suggerisce che alcuni dischi di gas sono collassati direttamente in buchi neri anziché evolversi in stelle e galassie.

mano nelle galassie in cui si trovano. Per prima cosa, l'energia prodotta quando la materia cade nel buco nero può riscaldare il gas circostante nel centro della galassia, prevenendo così il raffreddamento e arrestando la formazione delle stelle. Questa energia può anche avere effetti di vasta portata al di fuori del centro galattico, spingendo verso l'esterno getti di radiazioni ricchi di energia. Questi getti, che gli astronomi possono rilevare nelle onde radio, potrebbero riscaldare il gas nelle regioni esterne, arrestando anche lì la formazione delle stelle. Questi effetti sono però complessi, e gli astronomi vogliono capirne i dettagli in modo più chiaro. Trovare i primi semi di buchi neri potrebbe contribuire a spiegare come si sia evoluta nel tempo la relazione tra i buchi neri e le galassie che li ospitano.

Questi passi in avanti rientrano in una più ampia rivoluzione nella nostra capacità di studiare e comprendere tutte le masse dei buchi neri. Quando nel 2015 il Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) ha rilevato per la prima volta le onde gravitazionali, per esempio, si è riusciti a trovarne la sorgente in due buchi neri in collisione di 36 e 29 masse solari, i cugini leggeri dei buchi neri supermassicci che alimentano i quasar. Il progetto continua a rilevare onde provenienti da eventi simili, fornendo nuovi, incredibili dettagli su ciò che accade quando questi buchi neri si scontrano e deformano lo spazio-tempo che li circonda. Nel frattempo un progetto chiamato Event Horizon Telescope (EHT) vuole usare osservatori radio sparsi per la Terra per visualizzare il buco nero supermassiccio al centro della Via Lattea.

Gli scienziati sperano di individuare un'ombra a forma di anello attorno al confine del buco nero, prevista dalla relatività generale quando l'intensa forza di gravità del buco devia la luce. Qualsiasi differenza misurata dall'EHT rispetto alle previsioni della relatività generale potrebbe mettere in dubbio ciò che sappiamo della fisica dei buchi neri. Inoltre, gli esperimenti che osservano le stelle pulsanti dette *pulsar timing array* potrebbero anche rilevare tremori nello spazio-tempo provocati da un segnale cumulativo di molte collisioni di buchi neri. E presto il JWST spalancherà una finestra nuova sui primi buchi neri che illuminarono l'universo.

Il prossimo futuro ha in serbo molte rivelazioni: quello che sappiamo dei buchi neri sta per cambiare per sempre. ■

PER APPROFONDIRE

New Observational Constraints on the Growth of the First Supermassive Black Holes. Treister E., Schawinski K., Volonteri M. e Natarajan P., in «Astrophysical Journal», Vol. 778, n. 2, articolo n. 130, 1° dicembre 2013.

Seeds to Monsters: Tracing the Growth of Black Holes in the Universe. Natarajan P., in «General Relativity and Gravitation», Vol. 46, n. 5, articolo n. 1702, maggio 2014.

L' esplorazione dell'universo. La rivoluzione che sta svelando il cosmo. Natarajan P., Bollati Boringhieri, Torino, 2017.

Unveiling the First Black Holes with JWST: Multi-wavelength Spectral Predictions. Natarajan P. e altri, in «Astrophysical Journal», Vol. 838, n. 2, articolo n. 117, 1 aprile 2017.

La prova di buchi neri. Psaltis D. e Doeleman S.S., in «Le Scienze» n. 567, novembre 2015.

TECNOLOGIA

La Babele di Internet

La diffusione dei social network sembra aver affossato l'intelligenza collettiva prevista agli albori dello sviluppo della rete, con utenti polarizzati sulle proprie convinzioni e schierati in gruppi che non comunicano tra loro

di Walter Quattrociocchi

MNPhotoStudios/Getty Images

Walter Quattrociocchi coordina il Laboratorio di Data Science and Complexity all'Università Ca' Foscari di Venezia. Si occupa di Data Science e Network Science e la sua attività di ricerca si focalizza sulla caratterizzazione quantitativa delle dinamiche sociali spaziando dalla dinamica delle opinioni alla diffusione delle informazioni e il contagio sociale.

Tempo fa impazzava sul Web una discussione su quali fossero i veri colori del vestito mostrato in una foto pubblicata su Tumblr, una piattaforma per *social microblogging*, dalla cantante scozzese Caitlin McNeill. C'era chi lo vedeva blu e nero, chi invece giallo e oro. Nessuna delle due versioni è sbagliata. La differenza dipende da come elaboriamo i colori. L'interpretazione che il nostro cervello fa della realtà si basa su percezioni sensoriali, quindi non necessariamente vediamo le cose allo stesso modo. Ognuno di noi lo fa diversamente e in base alle sue esperienze. Questa diversità si palesa quando raccontiamo le ultime novità ai nostri amici e ancora di più quando ci confrontiamo su temi a noi cari. Ogni informazione che trasmettiamo porta con sé un pezzo di noi e del nostro modo di vedere le cose.

Per esempio, se ci piace essere informati sui progressi scientifici, non mancheremo di menzionare l'ultima ricerca che ha dimostrato l'efficacia della sugna, cioè lo strutto, nel potenziare la memoria. Ovviamente non è vero. Ma l'importante è dirlo, visto che è plausibile e fa conversazione.

Internet ha reso possibile l'accesso senza intermediari a una quantità di informazioni sconfinata, e questo a sua volta ha influito profondamente sul nostro modo di accedere alla conoscenza. Fino a qualche anno fa gli argomenti degni di essere menzionati sui giornali o in televisione erano selezionati con cura dalle redazioni o da esperti con relativi riferimenti contestuali. Oggi invece, anche grazie ai meccanismi di condivisione messi a disposizione da *social network* come Facebook o Twitter, la popolarità degli argomenti è guidata dal basso. Questa «orizzontalizzazione» ha cambiato di parecchio lo scenario. La notizia di un colpo di Stato segue le stesse dinamiche di popolarità di un *selfie* o dell'ultima ricetta disintossicante a base di radicchio e mascarpone.

Non essendoci più intermediari a selezionare e filtrare, ognuno di noi è contemporaneamente produttore e consumatore di contenuti. Guardando ai numeri si può notare che a partire dal terzo trimestre del 2017 Facebook ha avuto più di 2 miliardi di utenti attivi ogni mese. È un nuovo mezzo altamente pervasivo sui cui passano quantità impressionanti di informazioni con meccanismi legati al modello di *business* della piattaforma. Data la dimensione del fenomeno, non possiamo considerare i social come un elemento poco influente sulla società contemporanea e sulla dialettica dell'opinione pubblica.

Informazioni on line

Internet in generale e i social network in particolare hanno cambiato il processo di produzione della conoscenza in modo inaspettato. Tra la metà e la fine degli anni novanta il filosofo francese Pierre Levy, uno dei massimi studiosi delle implicazioni culturali delle tecnologie digitali, e altri commentatori hanno au-

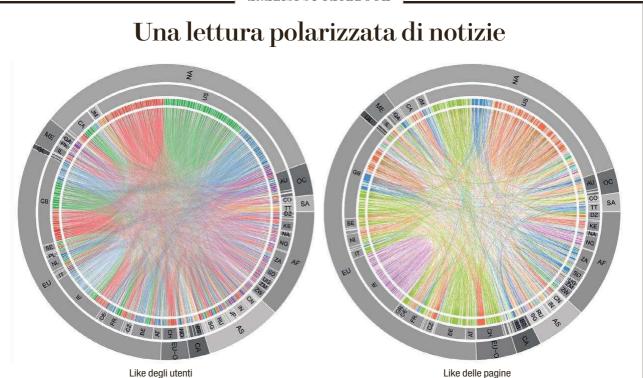
IN BREVE

Internet e i social network hanno eliminato la necessità di intermediari nella produzione e nella fruizione della conoscenza. Ogni utente quindi può essere sia produttore sia consumatore di contenuti.

Finora però questa disintermediazione non ha portato a una trasmissione e a un'elaborazione collettiva delle informazioni.

Studi condotti su Facebook e su Twitter dall'autore e dai suoi colleghi hanno mostrato invece che gli utenti tendono ad acquisire contenuti coerenti con la propria visione del mondo, poco importa se siano veri o falsi, e a ignorare quelli che la contrastano, e tendono a formare gruppi intorno a narrazioni condivise.

Questa polarizzazione caratteristica dei social media potrebbe essere usata per identificare temi a rischio di fake news.

Una lettura polarizzata di notizie

L'autore e i colleghi hanno analizzato il consumo dei post con news pubblicati da testate giornalistiche su Facebook e la modalità di fruizione di queste notizie da parte degli utenti. A sinistra, la rete di interazione degli utenti con le pagine: ogni nodo è una testata, un arco connette due pagine se un utente è attivo su entrambe. I colori identificano le comunità definite dall'interazione degli utenti, e più si è attivi, più l'attività è focalizzata su poche testate, cioè emerge una polarizzazione. Anche le pagine posso mettersi like tra loro; a destra ci sono sempre le pagine come nodi, mentre un arco rappresenta il like tra due pagine e i colori determinano le comunità identificate con algoritmi. In ogni grafico i due anelli più esterni indicano nazione e continente della testata.

Cortesia W. Quattrociocchi

spicato l'avvento dell'intelligenza collettiva, un effetto dirompente di sviluppo della società legato alla possibilità di condividere conoscenza senza intermediari e senza vincoli geografici. Ma non è andata esattamente così.

Solo su Facebook vengono generati più di 3 milioni di messaggi al minuto e non è un caso che i social media siano diventati rapidamente la principale fonte di informazione di molte persone. Oltre la metà degli utenti statunitensi, il 51 per cento, accede alle notizie tramite i social media. L'esposizione selettiva, ovvero concentrarsi su un tipo di contenuti che attrae il nostro interesse a scapito di altri, ha un ruolo cruciale nel modo in cui evolve la conversazione globale e la dialettica dell'opinione pubblica. In questo processo completamente orizzontale e disintermediato le nostre percezioni e i loro limiti la fanno da padroni.

Le *fake news*, ovvero la diffusione su Internet di informazioni false, hanno trovato terreno fertile in questo ecosistema. La loro viralità è annoverata tra i rischi globali elencati dal World Economic Forum già dal 2013.

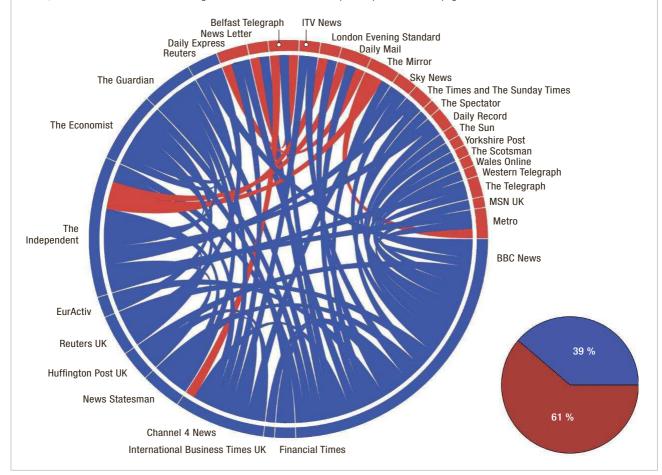
Alcuni nostri studi (per nostri intendo miei e del mio gruppo di lavoro composto a oggi da Fabiana Zollo, Antonio Scala e Ana Lucia Schmidt e da altri collaboratori illustri sparsi in giro per il mondo come H. Gene Stanley, Cass Sunstein, Brian Uzzi, Cornelia Betch), sembrano suggerire che il *confirmation bias*, ovvero la tendenza ad acquisire contenuti coerenti con la nostra visione del mondo a scapito di quelli a contrasto, abbia un ruolo centrale nelle dinamiche sociali *on line*, e in particolare su Facebook. Più nel dettaglio, abbiamo visto come gli utenti on line, potendo interagire praticamente con chiunque e con qualunque tipo di informazione e narrativa, tendano a formare gruppi intorno a narrazioni condivise, le *echo chamber* (casse di risonanza).

In questi gruppi, anche un po' per l'importanza che si dà alla condivisione sui social, gli utenti tendono ad acquisire informazioni coerenti con la narrativa del gruppo, anche se contengono informazioni palesemente false, e di converso tendono a ignorare informazioni a contrasto. Insomma, poco importa se l'informazione sia vera o falsa, conta di più l'aderenza con la propria visione del mondo e con le proprie percezioni. In uno scenario di questo tipo non è difficile immaginare quanto i vari tentativi di arginare il fenomeno basati sulla verifica di fonti e fatti riportati (*fact-checking*) e sulla decostruzione delle bufale (*debunking*) siano poco efficaci. Anzi, in alcuni casi sembrano peggiorare le cose. È quello che abbiamo scoperto in uno studio pubblicato su «PLoS ONE» nel 2017: abbiamo osservato che i post che tendono a smentire le bufale raggiungono una frazione minimale delle persone che di solito seguono fonti di informazioni alternative al *mainstream*, e quelle poche persone consumano ancora di più informazioni alternative. I risultati dei nostri studi (*si veda* L'era della (dis) informazione *in «Le Scienze» n. 570, febbraio 2016*), sono stati inseriti nel *Global Risk Report 2017* del World Economic Forum.

Insomma, pregiudizio di conferma e casse di risonanza hanno fatto il giro del mondo e sono diventate parole d'uso comune. Nel 2017 la Treccani ha inserito «echo chamber» come neologismo, de-

Dentro o fuori l'Unione Europea?

In questo grafico emerge una rete che rappresenta l'interazione degli utenti con le pagine delle testate giornalistiche su Facebook che hanno parlato di Brexit nel periodo precedente al referendum per l'uscita o meno del Regno Unito dall'Unione Europea. Due pagine hanno un arco che le connette se un utente è attivo su entrambe. Appositi algoritmi di community detection mostrano che l'interazione è caratterizzata principalmente da due comunità distinte, che sono colorate in rosso e in blu. Il grafico a torta in basso a sinistra riporta le percentuali delle pagine analizzate nell'ambito delle due comunità.

Cortesia W. Quattrociocchi

finendola così: «Nella società contemporanea dei mezzi di comunicazione di massa, caratterizzata da forte interattività, situazione in cui informazioni, idee o credenze più o meno veritiere vengono amplificate da una ripetitiva trasmissione e ritrasmissione all'interno di un ambito omogeneo e chiuso, in cui visioni e interpretazioni divergenti finiscono per non trovare più considerazione».

News e Facebook

La prima serie di esperimenti che abbiamo condotto riguardava un insieme di dati che avevamo selezionato, con l'aiuto di esperti, tra narrazioni complottiste e scientifiche. Le narrazioni erano contrapposte per definizione. Questa selezione ci serviva per misurare l'effetto echo chamber, ovvero l'amplificazione di un'idea grazie alla sua diffusione in un sistema chiuso, in relazione al ruolo attrattivo del confirmation bias.

Nel passaggio successivo non abbiamo operato alcuna selezioni a priori; ci siamo concentrati sulle testate giornalistiche e sulla loro attività su Facebook. In particolare, in un lavoro pubblicato sui «Proceedings of the National Academy of Sciences» nel 2017 abbiamo analizzato il consumo dei post con news pubblicati da testate giornalistiche sui social e la modalità di fruizione di queste notizie da parte degli utenti. Abbiamo fatto riferimento alla lista delle testate elencate dallo European Media Monitor, l'osservatorio sulla diffusione delle notizie istituito dalla Commissione Europea.

Anche in questo caso l'analisi è su grandi numeri: più di 900 testate, oltre 376 milioni di utenti che hanno interagito in sei anni, dal gennaio 2010 al dicembre 2015, con più di 20 milioni di notizie. L'insieme di dati è stato analizzato tramite un approccio che combina scienza delle reti e meccanica statistica, con l'obiettivo di trovare caratteristiche fisiche del processo da un punto di vista macroscopico per quel che riguarda la modalità di interazione degli utenti con le informazioni. Il risultato è netto: più si è attivi, più l'attività è focalizzata su poche, pochissime testate. Questa tendenza alla specializzazione determina gruppi di testate sui cui gli utenti concentrano la propria attenzione e da cui attingono informazioni per formare le proprie opinioni. Anche in questo caso emerge la tendenza alla polarizzazione che abbiamo rilevato negli studi precedenti. L'attitudine sembra quindi essere molto generale.

Restare comunque. Il referendum sulla Brexit è stato vinto dai favorevoli all'uscita del Regno Unito dall'Unione Europea con il 51,9 per cento dei voti. Ma anche dopo questo risultato sono continuate le manifestazioni a favore della permanenza in Europa.

ZUMAPRESS.com/AGF

Un altro elemento interessante è che il modo in cui si mettono vicendevolmente *like* le pagine, ovvero la lista delle preferenze delle testate giornalistiche su Facebook verso altre testate, determina una rete diversa, molto più vincolata a confini territoriali, rispetto a quella che invece emerge analizzando l'attività degli utenti sulle varie testate (*si veda il box a p. 39*).

Il caso Brexit

Il referendum sull'uscita o meno del Regno Unito dall'Unione Europea tenutosi il 26 giugno 2016 è l'evento che, con le elezioni presidenziali degli Stati Uniti, ha acceso un dibattito politico su scala internazionale, ed è stato anche un nostro caso di indagine, con uno studio pubblicato nel 2017 su «Social Networks». Abbiamo esaminato oltre un milione di utenti che fra gennaio e luglio 2016 hanno interagito con post delle pagine Facebook delle testate giornalistiche nel Regno Unito sul tema della Brexit. Nel dettaglio è stato esaminato il comportamento degli utenti (in termini di like e commenti) rispetto a quanto publicato da 81 testate giornalistiche in 303.000 post su Facebook.

Come primo passo abbiamo individuato le proprietà strutturali della discussione per capire se si fosse potuto riprodurre lo schema delle echo chamber e della segregazione degli utenti. Anche in questo caso non abbiamo operato nessuna categorizzazione a priori delle pagine, eppure dall'analisi si nota chiaramente l'emergere spontaneo di due comunità separate e distinte i cui utenti non interagiscono mai (*si veda il box nella pagina a fronte*).

Osservando la polarizzazione degli utenti verso le due comunità e i loro modelli di attenzione, si individua una distribuzione fortemente bimodale, che mostra gli utenti divisi in due gruppi principali e la cui attenzione è limitata a pagine specifiche. Dunque siamo di nuovo di fronte alla definizione di utenti di una comunità essenzialmente fedeli alle proprie pagine di riferimento.

Per caratterizzare meglio le dinamiche interne ai gruppi abbiamo applicato una nuova tecnica che combina l'estrazione automatica degli argomenti presentati nei post delle pagine e le emozioni che gli utenti esprimono nel commentarli. Essendo già stata verificata la presenza di due comunità fortemente separate, è stato facile ricostruire la relazione tra argomenti e modo di percepirli per i due gruppi. In particolare, con questo approccio abbiamo ricostruito l'insieme di argomenti che accomuna un gruppo e il relativo valore emotivo attribuito. Per esempio gli utenti a favore della Brexit tendevano a una percezione negativa di tutto ciò che è a favore dell'Unione Europea e dell'euro. Dall'analisi abbiamo notato che spesso una presentazione troppo entusiastica di argomenti a supporto del *remain*, cioè della permanenza del Regno

Unito nell'Unione Europea, ha ottenuto come risultato una forte negatività nei commenti degli utenti. È un potenziale indizio di quello che è chiamato «effetto *back-fire*». La polarizzazione influenza la percezione degli argomenti ed è dotata di una meravigliosa simmetria dovuta all'antagonismo delle posizioni.

Il referendum italiano

A questo punto un altro dubbio da fugare scientificamente è se la polarizzazione sia un fenomeno proprio di Facebook o caratterizzi anche altre piattaforme social come Twitter. È in un simile contesto che si inserisce lo studio sul referendum costituzionale tenutosi in Italia il 4 dicembre 2016, presentato all'IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics tenutasi a Tokyo alcuni mesi dopo la consultazione referendaria.

Come nel caso della Brexit, durante il referendum ci siamo occupati della fruizione di informazioni da testate giornalistiche su Facebook e in più su Twitter. Per ogni pagina abbiamo raccolto tutti i post pubblicati dal 31 luglio al 12 dicembre 2016, con i relativi like e commenti, filtrando quelli contenenti almeno due parole fra «referendum», «riforma» e «costituzionale». In totale abbiamo analizzato 57 pagine su Facebook e 50 su Twitter, per oltre 11.000 post e tweet, e quasi 750.000 commenti.

Come per la Brexit, anche in questo caso abbiamo individuato le proprietà strutturali della discussione tramite una misurazione delle interazioni degli utenti. Confrontando i risultati di diversi algoritmi di rilevamento, abbiamo notato ancora una volta l'esistenza di comunità ben separate in entrambe le piattaforme: su Facebook sono state evidenziate in tutto cinque comunità, su Twitter il campo si è ristretto a quattro. L'attività di ciascun utente si è limitata a un'unica comunità tra quelle individuate, cioè a un'unica echo chamber. Questo risultato è importante perché dice chiaramente che la tendenza alla polarizzazione vale sia su Facebook che su Twitter, anche se usano algoritmi diversi e fanno riferimento a tipologie di utenti abbastanza diversi. Attraverso le tecniche di estrazione automatica dei *topic* e della *sentiment analysis*, inoltre, sono venuti alla luce i temi più controversi nel dibattito, e i sentimenti a essi collegati, anche in base a come sono stati presentati e argomentati dalle fonti.

Ci soffermiamo sulle informazioni che più ci convincono e che meglio aderiscono alla nostra visione del mondo

Polarizzazione e fake news

Le analisi quantitative hanno mostrato che la polarizzazione è una delle caratteristiche delle dinamiche sui social media, in particolare in relazione al consumo di informazione. Più gli utenti sono attivi, più tendono a concentrare la loro attenzione su temi specifici. Inoltre sappiamo che i contenuti si diffondono nei gruppi non per la loro veridicità, ma per la loro aderenza con il modo comune di vedere e sentire le cose, al punto che informazioni contrastanti con la propria visione del mondo non solo sono ignorate, ma possono anche rinforzare le credenze. Quindi ci siamo chiesti se fosse possibile sfruttare queste caratteristiche per tracciare argomenti potenzialmente sensibili alla disinformazione. Oggi uno dei problemi della scienza è la difficoltà di aggredire problemi in maniera interdisciplinare. Si è tanto parlato di fake news che si è persa di vista la natura del fenomeno. In tanti hanno cominciato a parlare di algoritmi della verità tramite tecniche di *machine learning* (apprendimento automatico), soluzione inapplicabile per limiti tecnologici ed etici, travisando profondamente il problema.

Per ora sappiamo che la disinformazione diffusa sui social media è direttamente correlata alla crescente polarizzazione e segregazione degli utenti.

Notato il ruolo chiave che sembra avere la polarizzazione (sempre come conseguenza del confirmation bias), ci siamo chiesti se avremmo potuto usare questa correlazione per individuare argomenti che potrebbero diventare oggetto di disinformazione più facilmente rispetto ad altri. Nel nostro studio *Polarization and Fake News: Early Warning of Potential Misinformation Targets*, da poco pubblicato, abbiamo proposto una cornice generale per l'identificazione tempestiva dei contenuti polarizzanti sui social media e, quindi, «prevedere» futuri argomenti di notizie false.

Abbiamo validato le prestazioni della metodologia su un insieme enorme di dati di Facebook in italiano, con oltre 300.000 notizie da quotidiani ufficiali e 50.000 post di siti web che diffondono informazioni false o non verificate, e siamo stati in grado di identificare argomenti polarizzanti. Incrociando i temi che polarizzano l'opinione pubblica con i temi che più ricorrono nelle bufale abbiamo trovato una correlazione fortissima. Nello specifico, tramite l'estrazione automatica degli argomenti dibattuti nei post e nei commenti e tramite la misurazione della polarizzazione, espressa come combinazione del coinvolgimento degli utenti, e delle emozioni nei commenti, abbiamo riconosciuto gli argomenti delle fake news con una precisione del 91 per cento. Se troviamo che il tema dell'immigrazione è percepito come polarizzante, è altamente probabile che sarà anche argomento di fake.

Quali soluzioni?

Quindi il vero motore della diffusione delle informazioni false sembra essere una conseguenza del cambio di paradigma indotto dai social network nel processo di accesso alle informazioni. Tantissime informazioni, poco tempo per elaborarle attentamente e difetti connaturati nelle nostre percezioni creano un mix potentissimo. Notiamo le informazioni che più ci convincono e che meglio aderiscono alla nostra visione del mondo (e ignoriamo quelle avverse), su di esse ci soffermiamo e le condividiamo con i nostri amici virtuali. Dal confirmation bias si arriva così alle echo chamber e si innesca un processo che, segregando su visioni comuni, fortifica la polarizzazione. Le fake news sono solo la punta dell'iceberg, l'uso strumentale e pretestuoso delle informazioni è solo una conseguenza di questo fenomeno molto più radicato e profondo.

Non è un caso che l'*Oxford Dictionary* abbia eletto «post-verità» come parola dell'anno nel 2016. La definizione si traduce con «un aggettivo che denota circostanze in cui i fatti oggettivi sono meno influenti nella formazione dell'opinione pubblica rispetto all'emotività e alle convinzioni personale». Come a dire che nel 2016 abbiamo scoperto che l'essere umano non è razionale; ma lo aveva già mostrato tempo prima Daniel Kahneman, premio Nobel per l'economia nel 2002, anche per aver sottolineato il ruolo dell'irrazionalità nel giudizio umano che riguarda decisioni economiche.

Resta che il termine è stato ed è tuttora ampiamente usato quando si parla di Brexit o dell'elezione di Donald Trump. Come se si cercasse nel fenomeno un capro espiatorio a cui attribuire derive dell'opinione pubblica. Ci si accanisce contro le fake news e l'irrazionalità dell'essere umano come se quest'ultima fosse prerogativa solo di alcuni e non di tutta la nostra specie. Come se i social avessero favorito un modo più emotivo di pensare a scapito

C'è chi dice no. Il referendum sulla riforma della Costituzione tenutosi in Italia il 4 dicembre 2016 è stato preceduto da un dibattito pubblico infuocato durato mesi, ed è stato poi vinto dai contrari alle riforme con quasi il 60 per cento dei voti.

di uno più razionale. Infatti spesso si associa la post-verità ai populismi e al risentimento popolare verso le classi dirigenti. Si sente a tal punto l'impellenza di risolvere il problema delle fake news che si rischia di travisare il problema, peggiorandolo. Come chi suggerisce gli algoritmi della verità, ovvero programmi che siano in grado di analizzare un testo e attraverso l'analisi delle fonti dire se quanto riportato sia vero o falso. Per la scienza, la verità è un concetto labile e provvisorio. In uno scenario del genere, con verità incerta a monte, pensare di mettere a valle qualcuno che debba marcare che cosa è vero e che cosa è falso suona quantomeno ingenuo. L'obiettivo invece dovrebbe essere il ripristino della comunicazione in modo che le informazioni possano circolare più facilmente. Incentivare lo scambio più che il monologo o peggio ancora il *blasting*, quella pratica che consiste nel ridicolizzare e bullizzare chi ha opinioni e credenze diverse.

All'Università Ca' Foscari di Venezia cerchiamo di lavorare in questa direzione: interdisciplinarità e cooperazione sono i pilastri per la lettura dei problemi contemporanei e per capire e affrontare i cambiamenti sociali in atto. Abbiamo avviato Pandoors, un osservatorio permanente sui social media; abbiamo messo a disposizione i nostri strumenti matematici e informatici per affrontare la problematica della polarizzazione con un approccio mirato a intercettare il fabbisogno informativo degli utenti e delle comunità anziché aggredirle. L'obiettivo è abbassare la polarizzazione, lavorare sul modo in cui il messaggio è veicolato considerando le necessità del ricevente e le sue inclinazioni. I partner del progetto sono tanti, e se ne aggiungono sempre di nuovi; lavoriamo con l'Autorità per le garanzie nelle comunicazioni per la questione normativa e con la London School of Economics a un progetto che cerca di capire quali sono le leve per mitigare le tante e diverse posizioni che circolano on line sul tema dell'immigrazione.

Smussare e attenuare i toni della comunicazione per permettere ai contenuti di passare meglio sembra essere la strada maestra.

Un aspetto centrale della nostra attività sarà poi la misurazione del grado di polarizzazione (*polarization rank*) indotto dal modo in cui le testate giornalistiche riportano le informazioni sui social misurando il loro impatto dai commenti degli utenti. E possiamo anche misurare l'efficacia di penetrazione di vari tipi di comunicazione su temi specifici come vaccinazioni, salute, cibo, geopolitica. Tutti i temi che sono sottesi a un elevato grado incertezza e percepiti come minacciosi dalle persone.

L'idea è vincere la barriera di ostilità e sfiducia trovando nuovi modi di raccontare le cose e cercare di capire quali strumenti comunicativi mettere in campo. Per farlo dobbiamo rimettere al centro la persona, la sua sfera emotiva e cognitiva. Insomma, per uscire dall'era della segregazione dobbiamo prima di tutto accettare i limiti e l'irrazionalità dell'essere umano per poter tornare a comunicare davvero. E il primo passo è ascoltare, o quantomeno provarci. ■

Angelo Sartori/Errebi/AGF

PER APPROFONDIRE

The Global Risk Report 2017. World Economic Forum, 2017,

Anatomy of News Consumption on Facebook. Schmidt A.L., Zollo F., Del Vicario M., Bessi A., Caldarelli G., Scala A., Quattrociocchi W. e altri, in «Proceedings of the National Academy of Sciences», Vol. 114, n. 12, pp. 3035-3039, 2017.

Mapping Social Dynamics on Facebook: The Brexit Debate. Del Vicario M., Zollo F., Caldarelli G., Scala A. e Quattrociocchi W., in «Social Networks», Vol. 50, pp. 6-16, luglio 2017.

Echo Chambers on Facebook. Quattrociocchi W., Scala A., e Sunstein C.R., 2016. **https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2795110.**

The Spreading of Misinformation Online. Del Vicario M., Bessi A., Zollo F., Petroni F., Scala A., Caldarelli G., Quattrociocchi W. e altri, in «Proceedings of the National Academy of Sciences», Vol. 113, n. 3, pp. 554-559, 2016.

Polarization and Fake News: Early Warning of Potential Misinformation Targets. Del Vicario M. e altri, arXiv, 2018. **https://arxiv.org/abs/1802.01400.**

News Consumption during the Italian Referendum: A Cross-Platform Analysis on Facebook and Twitter. Del Vicario M., Gaito S., Quattrociocchi W., Zignani M., e Zollo F., in 2017 IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA). **http://ieeexplore.ieee.org/document/8259827.**

SCIENZE COGNITIVE

Il tribalismo e l'idea di verità

Con la crescita della polarizzazione delle posizioni politiche, forse le nostre discussioni stanno cambiando la nostra stessa concezione di verità

di Matthew Fisher, Joshua Knobe, Brent Strickland e Frank C. Keil

In un momento chiave dell'ultimo dibattito in campagna elettorale fra Trump e Clinton, Donald Trump ha risposto a una domanda a proposito del presidente russo Vladimir Putin.

«Non ha il minimo rispetto», ha detto Trump indicando con il dito Hillary Clinton. «Da tutto quel che vedo, Putin non ha alcun rispetto per questa persona».

I due interlocutori si sono poi addentrati nel tentativo di affrontare in modo un po' più specifico le difficili questioni politiche in gioco. Clinton ha detto:

«Sta forse suggerendo che l'approccio aggressivo che io propongo non servirebbe a frenare l'espansionismo russo?».

E Trump ha risposto:

«No, certo che sono d'accordo che frenerebbe l'espansionismo russo, solo che andrebbe anche a destabilizzare...».

Abbiamo scherzato. Non è affatto andata così. In realtà, ognuna delle due parti ha puntato solo ad attaccare e sconfiggere l'altra. Nella realtà, Hillary Clinton ha detto:

«Beh, questo è perché preferirebbe avere una marionetta come presidente degli Stati Uniti».

E Trump ha ribattuto:

«La marionetta sei tu!».

IN BREVE

L'esistenza dell'oggettività in campo morale è una questione filosofica spinosa. Gli studiosi di scienze cognitive hanno raccolto evidenze empiriche per capire qual è nei fatti l'atteggiamento della gente comune sull'opposizione tra relativismo e immutabilità della verità.

Con la crescita della polarizzazione politica, discutere per vincere sembra uno stile di discorso più popolare del discutere per imparare, in particolar modo in luoghi di discussione on line come Facebook e Twitter.

I ricercatori hanno trovato che lo stile di discorso che scelgono modifica il modo in cui le persone concepiscono il tema di cui si parla. Se si discute sempre più spesso per vincere, è molto probabile che si diffonda sempre di più anche l'oggettivismo.

Illustrazione di Hanna Barczyk

Nel discorso politico contemporaneo episodi come questo sono diventati la regola, fino al punto che è facile dimenticare quanto siano radicalmente diversi dalle nostre discussioni di tutti i giorni. Si pensi a due amici che decidono dove andare a cena. Uno potrebbe dire: «Perché non proviamo quel nuovo ristorante indiano?». L'altro magari replica: «Ho letto le recensioni e non sono granché. E se ci facessimo una pizza?». «Buono a sapersi, vada per la pizza», conclude il primo. Ognuno dei due parte con un'opinione. Nasce una discussione in cui ciascuno presenta delle ragioni e ascolta quelle dell'altro e poi, insieme, si trova un accordo. Questo genere di dialoghi è frequentissimo. Nelle nostre ricerche, lo chiamiamo «discutere per imparare».

Ma con la crescita della polarizzazione politica si verificano sempre più spesso scambi oratori antagonistici come quello del dibattito tra Trump e Clinton: non solo tra i politici, ma fra tutti noi. In interazioni di questo tipo, le persone possono anche proporre delle ragioni per le proprie posizioni, ma nessuna delle due parti è genuinamente interessata a imparare qualcosa dall'altra. Il vero obiettivo è «fare punti»: in altre parole, sconfiggere la parte avversa in un'attività competitiva. Le conversazioni sui social media danno ormai un segno fortissimo di quella che può essere la combattività del discorso politico ai nostri giorni. Noi chiamiamo questo tipo di confronti «discutere per vincere».

Alle divergenze ideologiche si accompagna l'animosità verso l'opposta fazione. Recenti indagini indicano che i liberal e i conservatori più schierati si frequentano meno spesso, vedono il partito opposto negativamente e resterebbero persino male se un loro familiare sposasse una persona di idee opposte. Al tempo stesso, l'ascesa dei social media ha rivoluzionato il modo di consumare l'informazione: le notizie sono spesso personalizzate in base ai propri orientamenti politici e i punti di vista rivali possono essere completamente esclusi dalla bolla mediatica che ognuno crea per se stesso. A peggiorare le cose, su queste piattaforme è molto più facile che si diffondano contenuti fatti per indignare, il che ne fa un brodo di coltura di titoli «acchiappa-clic» e notizie false. È molto probabile che questo ambiente on line tossico stia dividendo ancor più profondamente, e alimenti scambi verbali del tutto improduttivi.

In questi tempi di crescita del tribalismo si pone un'importante domanda sugli effetti psicologici del discutere per vincere. Cosa succede nella – e alla – nostra mente, quando discutiamo in una modalità che punta solo a sconfiggere un avversario? Nelle nostre recenti ricerche abbiamo esplorato la questione con metodi sperimentali, e abbiamo trovato che la differenza tra le diverse modalità di discussione ha effetti di portata sorprendente. Non solo altera il modo in cui la gente vede la discussione e gli oppositori, ma ha anche un effetto più fondamentale sul nostro modo di concepire lo stesso tema in discussione.

Oggettivisti o relativisti?

L'oggettività in morale e politica è questione notoriamente spinosa, e i filosofi ne discutono da millenni. Per capirne l'essenziale basta però considerare un paio di conversazioni ipotetiche. Prendiamo una discussione su un tema perfettamente definita, di tipo scientifico o matematico. Immaginiamo due amiche che lavorano a un problema e non sono d'accordo sulla soluzione.

Mary: «La radice cubica di 2197 è 13».
Susan: «No, la radice cubica di 2197 è 14».

Chi osserva potrebbe non sapere qual è la risposta giusta, ma essere comunque sicuro che c'è una sola risposta oggettivamente corretta. Non si tratta di opinioni: c'è un fatto oggettivo, e chiunque la pensi altrimenti è semplicemente in errore.

Matthew Fisher è ricercatore postdoc in scienze sociali e dei processi decisionali alla Carnegie Mellon University. **Joshua Knobe** è professore alla Yale University, sia nel programma di scienze cognitive sia nel Dipartimento di filosofia. **Brent Strickland** è ricercatore in scienze cognitive presso l'Istituto Jean Nicod di Parigi. **Frank C. Keil** è titolare della cattedra di psicologia intitolata a Charles C. e Dorothea S. Dilley e docente di linguistica e scienze cognitive presso la Yale University.

Prendiamo adesso un'altra situazione. Immaginiamo le due amiche in pausa pranzo: sono in disaccordo su che cosa spalmare sul pane.

Mary: «Il formaggio vegano è proprio buono».
Susan: «No, il formaggio vegano non sa di niente. Fa schifo».

In questo esempio, l'osservatore potrebbe vederla in un altro modo: anche se hanno opinioni opposte, è possibile che nessuna delle due sia in errore. Non sembra che vi sia una verità oggettiva.

Tenendo presente questa distinzione, pensiamo a ciò che succede quando si discute di controverse questioni politiche dalle rilevanti implicazioni morali. Durante il pranzo, per esempio, le due amiche, si addentrano in un'animata discussione politica.

Mary: «L'aborto è moralmente sbagliato, non dovrebbe essere legale».
Susan: «No, nell'aborto non c'è nulla di sbagliato, e dovrebbe essere del tutto legale».

La questione da affrontare è: come va concepito questo tipo di discussioni? Somiglia a quella di matematica, dove c'è una risposta oggettivamente giusta e chiunque dia altre risposte deve essere in errore? O somiglia di più a un contrasto su questioni di gusti, dove non c'è un'unica risposta giusta e le persone possono avere opinioni opposte senza che nessuna delle due abbia torto?

Negli ultimi anni il lavoro su questo tema si è allargato dall'ambito della filosofia a quello della psicologia e delle scienze cognitive. Invece di affidarsi alle intuizioni dei filosofi, ricercatori come noi hanno cominciato a raccogliere dati empirici per capire che cosa pensa nei fatti la gente in proposito. Ritiene forse che vi siano risposte oggettivamente giuste alle domande di ordine morale e politico? O assume un punto di vista più relativistico?

Fondamentalmente, l'ultimo decennio di ricerche ha mostrato che la risposta è che la faccenda è complicata. Alcuni sono più oggettivisti, altri più relativisti. Il che può anche sembrare ovvio; ma gli studi successivi hanno indagato sulle differenze tra le persone dell'una o dell'altra categoria. Quando si chiede ai partecipanti a uno studio se sono disposti a condividere un appartamento con una persona che ha opinioni opposte su questioni morali o politiche, gli oggettivisti sono più inclini a dire di no. Quando si chiede di sedere accanto a una persona di vedute opposte, gli oggettivisti si siedono a distanza maggiore. Come ha detto una volta Geoffrey

P. Goodwin, psicologo dell'Università della Pennsylvania, le persone che vedono le cose in modo oggettivistico tendono a rispondere in modo più «chiuso».

Come mai? Una possibilità molto diretta è che se uno pensa che c'è una risposta oggettivamente giusta può sentirsi indotto a concludere che chi la pensa altrimenti è semplicemente in errore, e dunque non vale la pena di starlo a sentire. Quindi forse le vedute delle persone sull'oggettività delle verità morali condizionano il loro approccio alle interazioni con gli altri. È un'ipotesi plausibile, e vale la pena di approfondirla con ulteriori ricerche. Ma noi abbiamo pensato che potesse esserci dell'altro. In particolare, sospettavamo l'esistenza di un effetto che va nel senso opposto.

Forse non si tratta solo del fatto che vedere le cose in modo oggettivistico condiziona le nostre interazioni con gli altri; forse il modo in cui interagiamo con gli altri può influire a sua volta su quanto aderiamo a un punto di vista oggettivistico.

Vincere o imparare?

Per mettere alla prova l'ipotesi, abbiamo fatto un esperimento in cui alcuni adulti conducevano conversazioni politiche on line. Ognuno dei partecipanti si registrava su un sito web e indicava la sua posizione su una serie di temi politici controversi, come l'aborto e le leggi sulle armi. Ognuno era accoppiato con un altro partecipante di idee opposte, e poi i due dovevano tenere una conversazione on line su un argomento su cui erano in disaccordo.

Metà dei partecipanti è stata spinta a discutere per vincere. Si diceva loro che doveva essere un confronto altamente competitivo, in cui dovevano puntare a battere l'altro. Ne è risultato esattamente il tipo di comunicazione che si vede ogni giorno sui social media. Questa, per esempio, è la trascrizione di una di queste conversazioni, sgrammaticature comprese.

P1: «Io credo al cento per cento nella libertà di scelta della donna».
P2: «L'aborto deve essere proibito perché ferma un cuore che batte».
P1: «L'aborto è permesso dalla legge in questo paese, il paese in cui vivi».
P2: «Il cuore batte a 21 giorni è un'omicidio [sic]».

L'altra metà dei partecipanti è stata incoraggiata a discutere per imparare. A loro è stato detto che doveva essere un confronto molto costruttivo e dovevano cercare di imparare tutto ciò che potevano dall'avversario. Il tono di queste conversazioni tendeva a essere nettamente diverso.

P3: «Io credo che l'aborto sia un diritto che tutte le donne dovrebbero avere. Capisco che certe persone scelgono di porre delle limitazioni su quando e perché, ma io penso che dovrebbe essere per qualsiasi ragione fino a un certo punto della gravidanza determinato dai medici, in modo da non danneggiare la salute della madre».
P4: «Io credo che la vita cominci al concepimento (l'incontro tra sperma e uovo) quindi per me l'aborto equivale all'omicidio».
P3: «Capisco benissimo questo punto di vista. Da biologo, è ovvio che fin dalla prima divisione cellulare c'è una «vita» in corso. Ma non credo che sia una vita abbastanza avanzata da giustificare l'abolizione dell'aborto».

Non è così sorprendente che quei due insiemi di istruzioni conducano a risultati del genere. Ma questi scambi di opinioni, a loro volta, portano o no a pensarla diversamente sulla natura del tema in discussione? Terminate le conversazioni, abbiamo chiesto ai partecipanti se ritenevano che vi fosse una verità oggettiva sulle questioni di cui avevano appena parlato. Siamo rimasti colpiti: quegli scambi verbali di appena 15 minuti modificavano il modo di vedere delle persone. I partecipanti erano più oggettivisti dopo aver discusso per vincere che dopo aver discusso per imparare. In altre parole, il contesto sociale della discussione – il modo in cui le persone definiscono lo scopo del discorso contrapposto – alterava di fatto le loro opinioni sulla profonda questione filosofica dell'esistenza o meno di una verità oggettiva.

Questi risultati portano naturalmente a un'altra domanda, che va al di là di quelle che si possono affrontare con uno studio scientifico. Quale di questi due modi di argomentare sarebbe meglio adottare quando si tratta di questioni politiche controverse? La risposta, a prima vista, può sembrare ovvia: chi può non vedere che c'è qualcosa di profondamente importante nel dialogo costruttivo, e qualcosa di profondamente controproducente nella competizione pura e semplice?

Anche di regola se questa risposta immediata può essere giusta, possono esserci casi i cui le cose non sono così ovvie. Immaginiamo di trovarci a discutere con un gruppo di scettici sul cambiamento climatico. Possiamo cercare di sederci con loro, ascoltare le loro ragioni e fare del nostro meglio per imparare qualcosa da tutto ciò che hanno da dire. Ma per qualcuno questo potrebbe essere proprio l'atteggiamento sbagliato. Potrebbe non esserci nulla da guadagnare nel restare aperti a idee che contraddicono il consenso scientifico. Impegnarsi in un dialogo costruttivo, anzi, potrebbe essere un caso di quella che nel giornalismo si chiama «falso equilibrio»: legittimare una posizione minoritaria estrema a cui è sbagliato dare lo stesso peso delle altre. Qualcuno potrebbe dire che in questo caso l'approccio migliore è discutere per vincere.

I nostri studi, ovviamente, non possono determinare quale modalità di discussione sia «la migliore». E malgrado abbondino le prove che il discorso politico contemporaneo si sta facendo più combattivo e destinato soltanto a vincere, i nostri risultati non chiariscono il perché di questo cambiamento. Però forniscono una nuova e importante informazione su cui riflettere: il modo in cui ci mettiamo a discutere modifica il modo in cui concepiamo la stessa questione in discussione. Più discutiamo per vincere e più sentiamo che c'è un'unica verità oggettiva, e tutte le altre risposte sono sbagliate. Di contro, più discutiamo per imparare e più sentiamo che non c'è una verità unica e oggettiva, e che possono esserci risposte diverse ma tutte valide. Così, la prossima volta che dovrete decidere se entrare in una discussione su Facebook sulla controversia del giorno, ricordate che non state soltanto facendo una scelta su come interagire con la persona che la vede nel modo opposto al vostro. State anche prendendo una decisione che condizionerà ciò che voi stessi – e altri – penserete su quell'argomento: se può avere o meno un'unica risposta giusta. ■

PER APPROFONDIRE

Why Are Some Moral Beliefs Perceived to Be More Objective Than Others? Goodwin G.P. e Darley J. M., in «Journal of Experimental Social Psychology», Vol. 48, n. 1, pp. 250-256, gennaio 2012.

The Influence of Social Interaction on Intuitions of Objectivity and Subjectivity. Fisher M. e altri, in «Cognitive Science», Vol. 41, n. 4, pp. 1119-1134, maggio 2017.

Esperimenti sul pensiero. Knobe J., in «Le Scienze» n. 522, febbraio 2012.

MEDICINA

SCONFIGGERE il diabete

Nel mondo industrializzato, condizioni igieniche migliori hanno portato a un aumento dell'incidenza del diabete di tipo 1, ma hanno anche suggerito la strada verso un vaccino per questa malattia

di Kristen M. Drescher e Steven Tracy

Illustrazione di Matt Harrison Clough

Kristen M. Drescher è professoressa di microbiologia medica e immunologia alla Creighton University. Studia il ruolo dei virus nelle malattie autoimmuni e ricerca nuove terapie per le patologie infiammatorie.

Steven Tracy è professore emerito di patologia e microbiologia allo University of Nebraska Medical Center. Le sue ricerche si concentrano sulla biologia molecolare degli enterovirus e sull'impatto di questi agenti patogeni sulla miocardite e sul diabete di tipo 1.

Quasi trent'anni fa, un epidemiologo britannico di nome David P. Strachan avanzò un'ipotesi semplice, anche se controintuitiva, per spiegare come mai febbre da fieno, eczema e asma si erano diffusi sempre di più nel secolo precedente. Strachan mise in relazione il tasso crescente di queste malattie allergiche nel Regno Unito con il miglioramento degli standard di vita prodotto dalla rivoluzione industriale, e in particolare con il drastico calo di infezioni contratte nella prima infanzia. Ipotizzò che l'esposizione ai batteri e ai virus nei primi anni di vita proteggesse in qualche modo (sempre che non fosse letale) dalla successiva insorgenza di queste malattie.

Anche se l'intuizione di Strachan, oggi nota come teoria dell'igiene, riguardava disturbi di natura allergica, i ricercatori in seguito hanno preso in prestito il suo principio fondante – l'esposizione, o la mancata esposizione, alle influenze ambientali – per spiegare l'aumento storico di altre malattie, tra cui poliomielite, sclerosi multipla e diabete di tipo 1. Numerose indagini epidemiologiche hanno rilevato schemi nell'incremento delle malattie via via che l'industrializzazione si diffondeva dall'Europa al Nord America e oltre. Ovunque diminuiva il tasso di infezioni (e di mortalità) in età infantile, aumentava l'incidenza di alcune malattie precedentemente rare, anche se in modo graduale e non uniforme.

Le prime grandi epidemie di poliomielite si verificarono alla fine dell'Ottocento. In alcune parti del mondo, l'incidenza della sclerosi multipla, in cui il sistema immunitario aggredisce il rivestimento protettivo che ricopre particolari cellule nervose, è raddoppiata nella seconda metà del XX secolo. Il diabete di tipo 1, che si verifica quando l'organismo distrugge le cellule del pancreas produttrici dell'ormone insulina (che permette di ricavare energia dal glucosio) ha iniziato a diffondersi maggiormente nella prima metà del Novecento per poi esplodere negli anni cinquanta.

Resta ancora da capire in che modo un'esposizione precoce a determinati virus o batteri possa proteggere dall'insorgenza di una serie di malattie apparentemente non collegate tra loro. In qualche modo le infezioni insegnano all'organismo in fase di sviluppo a gestire i patogeni. Inoltre, la mancata esposizione a questi microbi può indurre l'organismo ad aggredire sé stesso. In particolare, un numero consistente di ricerche fa risalire l'impennata dei casi di poliomielite e di diabete di tipo 1 a un gruppo piuttosto ampio di patogeni, detti enterovirus.

A differenza del diabete di tipo 2, molto più comune e spesso associato all'aumento di peso in età adulta, quello di tipo 1 in genere colpisce prima dei vent'anni. Nostri esperimenti su topi che si ammalano di diabete di tipo 1 hanno rivelato un meccanismo complesso per cui uno stesso ceppo di enterovirus può sia prevenire sia scatenare la malattia, a seconda dell'età in cui il topo contrae l'infezione. Supponendo che i risultati siano confermati anche nell'essere umano, un vaccino basato su virus presenti nelle feci potrebbe in teoria prevenire il diabete di tipo 1 in molti casi.

Un secolo di ipotesi

La nostra ricerca è partita da una domanda fondamentale, simile a quella a cui aveva cercato di rispondere Strachan: perché il diabete di tipo 1, così raro in passato, negli anni cinquanta era diventato una piaga? Nei tempi antichi i medici greci, arabi, indiani e cinesi descrissero un raro insieme di sintomi – tra cui rapida perdita di peso, sete anomala e urine dolciastre – quasi sicuramente prodotto dal diabete di tipo 1. Sulla base delle informazioni estrapolate dai dati dei singoli ospedali, i ricercatori calcolano che agli inizi del Novecento circa uno o due bambini su 100.000 sotto i 15 anni sviluppava il diabete di tipo 1. Oggi in alcune parti degli Stati Uniti la cifra si avvicina a 20 su 100.000 e in Finlandia supera i 60 su 100.000. E purtroppo questi numeri continuano a salire.

L'incremento però non è stato costante. Dopo anni di lieve aumento, a metà del XX secolo il diabete di tipo 1 ha conosciu-

IN BREVE

A differenza del diabete di tipo 2, quello di tipo 1 non è legato all'alimentazione. Le sue origini invece sono sia genetiche sia ambientali.

Il miglioramento delle condizioni igieniche registrato nei paesi sviluppati ha portato storicamente a una crescita dell'incidenza di alcune malattie, tra le quali la poliomielite e il diabete di tipo 1.

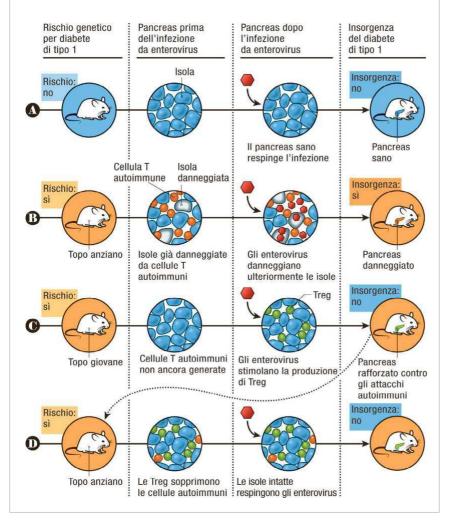
Sembra che alcuni virus diffusi nelle acque reflue non trattate possano sia accelerare sia prevenire il diabete di tipo 1, in funzione dell'età in cui si verifica l'infezione.

I vaccini ottenuti grazie a questi virus potrebbero proteggere gli individui geneticamente vulnerabili dal contrarre il diabete di tipo 1.

ESPERIMENTI

Le infezioni da enterovirus e il diabete di tipo 1

Un topo che non presenta alcuna vulnerabilità genetica per il diabete di tipo 1 **A** respinge rapidamente un'infezione da enterovirus, e le isole pancreatiche continuano a produrre insulina. Il tipo di reazione di un topo con una predisposizione genetica al diabete di tipo 1 **B**, **C**, **D** a un'infezione da enterovirus dipende dalla sua età. Nel topo più anziano **B** è probabile che al momento dell'attacco dell'enterovirus le isole siano già danneggiate da cellule autoimmuni T generate spontaneamente. In questo caso, l'enterovirus si riproduce nelle isole, danneggiandole ulteriormente e riducendo la produzione di insulina, in modo da innescare l'insorgenza del diabete di tipo 1. Se però il topo è giovane, e non è ancora in corso un attacco autoimmune **C**, l'infezione stimola la produzione di cellule T regolatrici (Treg) che sopprimono la prodazione di cellule T autoimmuni. Le Treg di conseguenza fortificano il pancreas contro il diabete di tipo 1 **D**.

Grafico di Amanda Montañez

to un'esplosione. Da allora gli epidemiologi hanno calcolato una crescita media annuale tra il 3 e il 5 per cento in tutto il mondo. Tra il 1998 e il 2010 l'incidenza del diabete di tipo 1 ha avuto un'impennata sconvolgente, pari al 40 per cento.

Un aumento tanto vertiginoso in un tempo così breve ci ha indotto a pensare che il fenomeno non fosse dovuto a un cambiamento sostanziale del *pool* genico umano: il DNA non muta così in fretta. Una varietà di combinazioni differenti di molti geni aumenta drasticamente il rischio che un individuo si ammali di diabete di tipo 1. Secondo i ricercatori però la prevalenza di questi profili genetici ad alto rischio è rimasta invariata. Anzi, oggi si ammalano sempre più persone con una predisposizione genetica relativamente bassa al diabete di tipo 1. Pochi casi sono riconducibili solo a un disturbo di natura genetica. Questi e altri dati, raccolti in tutto il mondo, inducono a pensare che esistano fattori ambientali emersi di recente.

Negli anni sono state considerate diverse possibilità, via via accantonate. A differenza del diabete di tipo 2, quello di tipo 1 non dipende dalla dieta. Diversi studi hanno mostrato che il diabete di tipo 1 si manifesta con maggiore frequenza via via che ci si allontana dall'equatore. È possibile che questa variazione regionale derivi da una carenza di vitamina D, prodotta facilmente dall'organismo quando è esposto al Sole? Questa ipotesi è stata scartata. Gli epidemiologi hanno scoperto che in alcuni paesi dell'estremo Nord, come la Finlandia, il tasso di diabete di tipo 1 era più alto nelle regioni che godevano di una migliore esposizione solare.

La maggior parte dei dati raccolti punta invece a una causa virale: forse uno o più virus presenti nelle acque di scarico o in acque potabili contaminate. Secondo numerosi studi, i responsabili sarebbero gli enterovirus, così chiamati perché normalmente si trovano nell'intestino (*énteron* in greco antico). In effetti, non ci sono dati significativi che colleghino la malattia ad altri fattori di influenza virali o ambientali. Alcuni enterovirus possono replicarsi nel pancreas, infiammando le aree adiacenti a dove si trovano le cellule delle isole di Langerhans, che producono l'insulina. Le regioni colpite producono cellule T autoimmuni, che in alcune circostanze proteggono l'organismo dagli invasori. Le cellule T autoimmuni, però, attaccano le isole stesse, annientandone la capacità di produrre insulina e scatenando il diabete.

I ricercatori hanno contato oltre 100 tipi di enterovirus. Non sembra però che l'esplosione del diabete a livello mondiale sia imputabile a un unico enterovirus. Gli scienziati hanno invece individuato una serie di possibili candidati, primi tra tutti sei enterovirus chiamati Coxsackie B, coinvolti nella continua crescita della malattia. Non si è ancora capito precisamente come queste infezioni riescano a indurre l'organismo ad auto-aggredirsi. Il processo deve essere complesso: studi epidemiologici indicano che alcuni enterovirus specifici aggravano la malattia in alcuni pazienti, mentre in altri apparentemente ne impediscono l'insorgenza.

Acque sporche

Nel valutare le tipologie di esperimenti che avrebbero potuto identificare gli enterovirus responsabili del diabete, abbiamo fatto riferimento a un'altra malattia: la poliomielite. Patologia infantile che spesso provoca paralisi, la polio è causata da un'altra categoria di enterovirus: i poliovirus. Sembra che questi virus esistano da millenni: un'antica stele egiziana, oggi conservata in un museo di Copenhagen, sembra ritrarre un malato di poliomielite. Questa terribile malattia però è stata molto rara fino alla fine del XIX secolo, quando iniziarono a verificarsi epidemie sporadiche e poi annuali. Nel XX secolo la poliomielite ha provocato decine di migliaia di morti infantili e causato menomazioni in milioni di bambini. Nel 1988 la poliomielite colpiva ancora 1000 bambini al giorno. Grazie a una campagna di vaccinazioni massiccia, questa malattia oggi è endemica solo in tre paesi.

La teoria dell'igiene aiuta a spiegare questa improvvisa ascesa dei casi di polio. Spesso ci si dimentica che molti agi dei paesi sviluppati risalgono ad appena un secolo fa. Prima dell'installazione delle forniture idriche pubbliche in Europa e in Nord America, tutta l'acqua, da quella potabile a quella per lavarsi o per fare il bucato, era prelevata da pozzi, stagni o fontane pubbliche. Non sorprende quindi che l'acqua potabile fosse spesso contaminata da escrementi umani o animali. La scarsità di acqua corrente e di sapone non permetteva di lavare le mani dopo ogni sosta al bagno con lo stesso rigore di oggi. E un'azione quotidiana come preparare il pranzo o stringere la mano poteva diffondere germi ovunque.

Una quarantina di ricerche scientifiche collega in modo convincente vari enterovirus al diabete di tipo 1

Praticamente tutti, fin dalla più tenera età, erano esposti ai poliovirus immessi nell'ambiente dalle feci umane. I neonati però tendevano a non sviluppare la malattia perché le madri, avendo sviluppato l'immunità ai virus, trasmettevano loro gli anticorpi sia in gravidanza, quando il feto era in fase di sviluppo, sia con l'allattamento. Una volta cresciuti, i bambini non erano più allattati e si ritrovavano privi degli anticorpi materni, dunque iniziavano a produrne per conto proprio, a causa dell'esposizione ripetuta al virus. Quindi, nonostante i poliovirus fossero pressoché ovunque, la poliomielite in sé era poco frequente, perché i piccoli erano protetti prima dagli anticorpi della madre e poi dal loro stesso sistema immunitario.

Questa catena protettiva, parte della vita umana fin dai tempi antichi, iniziò a rompersi quando le popolazioni iniziarono a vivere in un mondo «più pulito». Poteva capitare che un bambino mai esposto a poliovirus incontrasse questo microrganismo in età più avanzata, quando non aveva difese immunitarie. Un incontro casuale con un poliovirus poteva sfociare in una polio paralitica, che si verificava una volta su 100-200 casi di infezioni. Probabilmente è questo il motivo per cui il presidente statunitense Franklin D. Roosevelt, per esempio, contrasse la poliomielite paralitica all'età di 39 anni, mentre era in vacanza in Canada.

Nonostante il triste lascito della poliomielite, la consolazione è che il vaccino contro l'infezione virale che la provoca si è dimostrato sicuro ed estremamente efficace. Se i ricercatori sono riusciti a produrre un vaccino contro un tipo di enterovirus, dovrebbero essere in grado di crearne uno anche contro altre tipologie. E se la ricerca dovesse dimostrare che gli enterovirus sono responsabili del diabete di tipo 1, la scoperta potrebbe condurre a una potenziale nuova terapia, cioè un vaccino contro il diabete di tipo 1 che eviterebbe ai soggetti più a rischio di contrarre l'infezione virale.

Possiamo escludere che il poliovirus sia responsabile del diabete di tipo 1. Nel XX secolo le epidemie di polio erano all'ordine del giorno, ma nello stesso periodo non sono stati registrati aumenti dei casi di diabete di tipo 1. Inoltre la polio è stata debellata nei paesi in cui l'incidenza del diabete di tipo 1 è in crescita.

Per dimostrare che un virus provoca una determinata malattia è necessario innanzitutto isolarlo dal tessuto infettato. Nel diabete di tipo 1 sarebbe il pancreas. Ma prelevare campioni di pancreas è una sfida dal punto di vista chirurgico, per questo sono rare le biopsie su persone che per il resto sono sane. Inoltre è difficile individuare il momento preciso in cui il sistema immunitario inizia ad aggredire il pancreas e a distruggere le isole produttrici di insulina. Quando il diabete di tipo 1 è conclamato, nel paziente non c'è più segno di infezione attiva.

In ogni caso, circa 40 studi collegano in modo convincente vari enterovirus al diabete di tipo 1: nei tessuti pancreatici prelevati *post mortem* dai malati sono stati isolati virus o materiale genetico virale. Altri studi hanno dimostrato che molto probabilmente qualche infezione da enterovirus è coinvolta sul lungo periodo nello sviluppo del diabete di tipo 1.

Un particolare tipo di topo, il topo diabetico non obeso (NOD), contrae autonomamente il diabete di tipo 1, senza intervento dei ricercatori. Curiosamente i topi NOD mantenuti in buone condizioni igieniche si ammalano più rapidamente di quelli tenuti in gabbie sporche. Abbiamo ipotizzato che i topi NOD siano simili agli esseri umani con una predisposizione genetica al diabete di tipo 1. Inoltre, a differenza della maggior parte degli enterovirus, i Coxsackie B, già collegati al diabete di tipo 1, si replicano bene nei topi. Questi aspetti fanno del topo NOD il modello ideale per studiare la relazione tra enterovirus e diabete di tipo 1.

Nel 2002 abbiamo infettato topi NOD molto giovani, tenuti in ambienti sterili, con Coxsackie B. Abbiamo rilevato che con l'avanzare dell'età gli animali erano meno inclini a sviluppare il diabete di tipo 1 rispetto a esemplari di controllo non infettati. Questi risultati avvalorano l'ipotesi che un'esposizione precoce ai microbi abbia un effetto protettivo contro il diabete di tipo 1. Stranamente questo effetto non era limitato solo a tipi specifici di virus Coxsackie B, anche se alcuni sembravano offrire una protezione maggiore rispetto ad altri. Gli esperimenti condotti dal virologo Heikki Hyöty dell'Università di Tampere, in Finlandia, e dai suoi colleghi hanno avuto esito simile.

Abbiamo immaginato tre meccanismi con cui l'esposizione agli enterovirus nei primi anni di vita potrebbe prevenire l'impatto di queste infezioni in età più avanzata. Primo: è possibile che un'infezione inneschi lo sviluppo di anticorpi contro quel tipo specifico di enterovirus, in modo che la successiva esposizione allo stesso tipo virale non sfoci nella malattia. (Questo processo rispecchia il principio alla base dei vaccini per i poliovirus e altri vaccini virali.) Secondo: essendo simili a livello molecolare ad altri enterovirus, è possibile che i Coxsackie B inducano l'organismo a mobilitare più rapidamente difese adeguate, perfino contro enterovirus che non sono mai entrati in contatto con il corpo. Terzo: è possibile che un'infezione da enterovirus stimoli la produzione delle cellule immunitarie regolatrici, chiamate Treg. Queste cellule, generalmente benefiche, sopprime i linfociti T autoimmuni che altrimenti potrebbero essere nocivi per l'ospite.

Per vagliare questi differenti meccanismi abbiamo deciso di in-

fettare topi di età diverse e di osservarli per almeno 30 settimane dopo l'inoculazione. Dopo molti anni di sperimentazione abbiamo scoperto che infettando con virus Coxsackie B topi NOD in età più avanzata le probabilità che sviluppassero il diabete di tipo 1 aumentavano, anziché diminuire. Questo risultato era contrasto con le osservazioni in topi NOD giovani.

Abbiamo concluso che il pancreas doveva essere già infiammato – cioè le isole produttrici di insulina dovevano essere già state attaccate dai linfociti T autoimmuni del topo stesso – affinché un enterovirus potesse entrare nelle isole e moltiplicarsi, accelerando l'insorgenza del diabete. In altre parole, doveva già essere in corso un attacco autoimmune indotto geneticamente nel pancreas affinché l'infezione da Coxsackie B potesse accelerare l'insorgenza del diabete di tipo 1. Maggiori erano l'età del topo e la gravità dell'infiammazione, minore era il tempo con cui si insediava la malattia: spesso si raggiungeva uno stato di diabete conclamato nell'arco di uno o due giorni. Di contro, i topi anziani tenuti in ambienti sterili sviluppavano il diabete dopo settimane.

Gli studi di Matthias von Herrath, immunologo del La Jolla Institute for Allergy and Immunology, in California, e colleghi indicano che le infezioni da enterovirus in giovane età (prima di un attacco autoimmune) possono stimolare la formazione di cellule T regolatrici, che durano fino all'età adulta. Le Treg sopprimono la produzione delle cellule T autoimmuni e di conseguenza proteggono dal diabete di tipo 1. Se però il pancreas è già infiammato da linfociti T autoimmuni, come avviene per natura nei topi NOD più anziani, il virus può replicarsi, danneggiare le isole produttrici di insulina e accelerare il diabete. In altre parole, gli enterovirus possono proteggere o innescare il diabete di tipo 1 nei topi NOD, a seconda dell'età a cui si verifica l'infezione.

Un vaccino non può eliminare la malattia, ma migliorerà in ogni caso la qualità della vita a milioni di persone in tutto il mondo

Vaccini antidiabete

Supponendo che le osservazioni nei topi NOD corrispondano a quello che avviene negli esseri umani con una predisposizione genetica al diabete di tipo 1, come potremmo sfruttare le nostre conoscenze per aiutare le persone vulnerabili? Nessuno auspica di tornare ai tempi in cui le pratiche igieniche erano scarse o assenti. Ma non dovrebbe essere necessario. Grazie alla nostra esperienza con i vaccini antipolio sappiamo che è possibile sviluppare vaccini sicuri ed efficaci contro gli enterovirus.

In generale ci sono tre tipi di vaccini antivirali: vivi ma attenuati, uccisi e a subunità. I vaccini vivi attenuati sono stati ottenuti facendo passare il virus attraverso cellule o attraverso un ospite animale per indebolirne la patogenicità. Questi vaccini sono considerati i più efficaci nell'indurre l'immunità, perché il virus si replica nell'ospite e provoca una risposta immunitaria normale, ma possono mutare rapidamente in un ceppo patogeno. L'ingegneria genetica permette di alterare o eliminare aree del genoma virale per ridurre le probabilità che si verifichino reversioni di questo genere, ma il rischio rimane. I vaccini uccisi inattivano i virus affinché non possano moltiplicarsi ma inducano comunque una risposta immunitaria. Il virus però non rimane a lungo nell'organismo, per cui in genere è necessario sottoporsi periodicamente a un nuovo vaccino. Un vaccino a subunità impiega una o più parti di un virus ritenute capaci di stimolare una risposta immunitaria, al fine di produrre l'immunità desiderata nella persona che lo riceve.

La maggior parte delle prove raccolte in tutto il mondo indica che l'insorgenza del diabete di tipo 1 non è legata a un unico enterovirus, né a un gruppo di questi virus. Inoltre, i dati raccolti nel tempo indicano che il diabete di tipo 1 era raro quando l'esposizione a numerosi enterovirus era all'ordine del giorno. Per questo la nostra ipotesi è che la vaccinazione con vari tipi di enterovirus offra una protezione maggiore. Questo approccio simulerebbe il processo con cui gli esseri umani accumulavano l'immunità agli enterovirus nel passato. Il vaccino iniziale potrebbe essere un virus ucciso, per indurre l'immunità in modo sicuro. I richiami successivi potrebbero essere vaccini inattivati o molto attenuati.

Riteniamo incoraggiante un approccio vaccinale per il diabete di tipo 1. Il gruppo di Hyöty lavora con l'azienda biofarmaceutica finlandese Vactech Oy, di cui lo stesso Hyöty guida il consiglio di amministrazione, per sviluppare un vaccino contro un singolo tipo di virus Coxsackie B e ha testato la sua capacità di prevenire il diabete di tipo 1 nei topi. La sicurezza di questo vaccino a virus ucciso dovrebbe essere testata su esseri umani adulti nei primi mesi del 2018. La sperimentazione sui bambini – per garantire sicurezza ed efficacia nel generare una risposta immunitaria contro l'enterovirus e una protezione dal diabete di tipo 1 – richiederà più di un decennio. Numerose osservazioni fanno ritenere che il diabete non sia collegato con un unico ceppo di enterovirus, quindi possiamo solo sperare che questo vaccino riduca in modo significativo l'incidenza della malattia.

Sono in corso numerosi progetti per annullare il diabete di tipo 1 dopo la sua insorgenza. Paolo Fiorina, ricercatore del Boston Children's Hospital, ha dimostrato che cellule staminali adeguatamente manipolate infuse nei topi possono talvolta sconfiggerlo. Un altro gruppo, guidato da Denise Faustman, del Massachusetts General Hospital Immunobiology Laboratory, studia l'efficacia del vaccino con bacillo di Calmette-Guérin, di norma usato per prevenire la tubercolosi, nell'eliminare gli effetti del diabete di tipo 1. Diversi gruppi negli Stati Uniti e nel Regno Unito studiano l'immunizzazione con proinsulina (precursore dell'insulina) o con il DNA che la codifica. Un articolo del 2017 relativo a uno studio di Mark Peakman, del King's College di Londra, indica che un frammento proteico di proinsulina può indurre reazioni benefiche in malati a cui è appena stato diagnosticato il diabete di tipo 1.

Ogni anno solo negli Stati Uniti sono diagnosticati 40.000 casi di diabete di tipo 1. Bisogna ricordare che un vaccino non può eliminare la malattia: alcuni casi sembrano verificarsi esclusivamente a causa del corredo genetico dei pazienti. È comunque importante perfezionare le terapie per migliorare la qualità della vita degli individui che non sono più in grado di produrre insulina. Anche se solo una piccola parte dei partecipanti alle sperimentazioni sui vaccini è protetta dalla malattia, un numero significativo di persone condurrà comunque una vita migliore. Considerando la velocità con cui aumenta l'incidenza del diabete di tipo 1, renderlo di nuovo una malattia rara come in passato sarebbe un beneficio per milioni di persone. ■

PER APPROFONDIRE

Enteroviruses, Hygiene and Type 1 Diabetes: Toward a Preventive Vaccine. Drescher K.M., von Herrath M. e Tracy S., in «Reviews in Medical Virology», Vol. 25, n. 1, pp. 19-32, gennaio 2015.

Operazione diabete. Rubino F., in «Le Scienze» n. 590, ottobre 2017.

TECNOLOGIA

Gli smartphone stanno distruggendo il cervello degli adolescenti?

Recenti titoli di giornale vorrebbero farci credere che il destino mentale e sociale dei ragazzi, sempre incollati ai loro cellulari, sia segnato. La realtà però non è così semplice

di Carlin Flora

Illustrazioni di Aesthetic Apparatus

Carlin Flora è giornalista *freelance* e autrice di *Friendinfluence: The Surprising Ways Friends Make Us Who We Are* (Doubleday, 2013).

C'è una fascia di età più ingiustamente criticata di quella degli adolescenti? Quando girano in gruppo sono temuti, evitati o invitati a darsi una regolata. Sono goffi, narcisisti, annebbiati dall'azione degli ormoni, frivoli, angosciati. E pensano che a loro sia tutto permesso.

Come non bastasse, si sente anche dire che gli *smartphone* stanno distruggendo il loro cervello. Cresciuti al bagliore dei dispositivi digitali, gli adolescenti di oggi sono depressi, ansiosi, antisociali e inguaribilmente distratti.

Gli smartphone sono diventati un banco di prova dell'adolescenza in larga parte perché sono quasi onnipresenti. Nel 2015 il 73 per cento degli adolescenti statunitensi aveva uno smartphone, e secondo un recente rapporto del Pew Research Center nel 2016 nell'84 per cento delle case statunitensi ce n'era uno. Con tutti questi dispositivi a portata di mano, un buon 92 per cento di adolescenti – definiti in questo rapporto come ragazzi tra i 13 e i 17 anni di età – riferisce di andare *on line* quotidianamente, e il 24 per cento di essi afferma di farlo «quasi costantemente». Solo il 12 per cento sostiene di andarci una sola volta al giorno.

Le ultime notizie su questi ragazzi lasciano intendere che i loro amati smartphone li stanno rendendo mentalmente fragili e socialmente isolati. In particolare, uno studio pubblicato on line nel 2017 su «Child Development» e diretto da Jean Twenge, professoressa di psicologia alla San Diego State University, ha trovato che gli adolescenti di oggi sono meno inclini a bere, a fare sesso – le ragazze a restare incinte – a guidare, a uscire insieme e lavorare rispetto alle generazioni precedenti. Scrivendo per un pubblico generalista su «The Atlantic», Twenge ha invertito queste tendenze, in apparenza positive, in qualcosa di sostanzialmente negativo: una preoccupante riluttanza a crescere. È andata a curiosare in alcune statistiche, che indicavano una salute mentale più scarsa negli adolescenti, e di questo fosco ritratto accusavano gli smartphone. «Ci sono prove convincenti – scriveva – che i dispositivi che abbiamo dato in mano ai giovani stiano avendo profondi effetti sulla loro vita, e minando decisamente la loro felicità».

Un mese dopo, una storia di copertina sul «New York Times Magazine» riferiva di una crescita allarmante di studenti con «ansia opprimente» nei campus universitari, e tra i fattori che contribuivano citava i *social media*. Queste notizie non sono che l'ultima ondata. Sherry Turkle, psicologa clinica del Massachusetts Institute of Technology, ha ispirato decine di titoli dopo aver pubblicato nel 2015 un libro tradotto l'anno dopo in Italia: *La conversazione necessaria. La forza del dialogo nell'era digitale* (Einaudi). Vi sosteneva che gli adolescenti, ma anche gli adulti, stanno perdendo le capacità di capirsi e prestarsi attenzione a vicenda per via della natura disgregata e solitaria delle comunicazioni elettroniche. Queste sono le capacità che ci rendono umani, dice Turkle.

Ma forse non sorprende che le generazioni di adolescenti diventate maggiorenni nell'era dello smartphone – i *Millennial* più giovani e i loro successori, la generazione Z – non siano irreparabilmente e nemmeno particolarmente rovinati. E gli smartphone non sono i facili colpevoli dei cambiamenti comportamentali osservati negli adolescenti del XXI secolo. «Nello stesso periodo a cui si riferisce Twenge ci sono stati anche miglioramenti della salute mentale», commenta Laurence Steinberg, professore di psicologia alla Temple University, che si occupa di sviluppo degli adolescenti. Due anni fa la stessa Twenge ha pubblicato con due colleghi uno studio da cui risultava che gli adolescenti di oggi sono più felici e soddisfatti della vita rispetto ai predecessori.

È difficile analizzare queste tendenze, perché i ricercatori si concentrano su aspetti differenti della salute mentale usando vari tipi di misurazioni. Ma mettere i «ragazzi di oggi» in cattiva luce è qualcosa che gli adulti fanno da sempre. «Non passa epoca che non ci sia una nuova forma di divertimento o una tecnologia che, a sentire i grandi, "sta uccidendo i nostri ragazzi"», commenta Steinberg, autore fra l'altro di *Adolescenti. L'età delle opportunità*, un libro del 2014, uscito in Italia nel 2015 per Codice Edizioni, che pone l'accento sulla grande capacità di cambiamento degli adolescenti. «Già lo dicevano a proposito di romanzetti da quattro soldi, del *rock and roll* e dei computer. I giovani di tutto il mondo sono sopravvissuti a tutte queste cose, e sono certo che sopravvivranno agli smartphone».

La qualità che li rende adattabili, però, è la stessa che li rende vulnerabili. All'inizio della pubertà, il cervello degli adolescenti manifesta una maggiore plasticità, cioè una maggiore probabilità di formare nuovi circuiti. Spinti alla ricerca di rischi e di novità, gli adolescenti hanno circuiti neurali flessibili che permettono lo-

IN BREVE

L'uso degli smartphone, secondo recenti studi, renderebbe gli adolescenti più depressi, ansiosi e antisociali. Ma sono studi basati su correlazioni, e tanti scienziati ancora ignorano come questi dispositivi influiscono sullo sviluppo del cervello e sul comportamento.

I social media sono spesso indicati come i colpevoli dei problemi mentali degli adolescenti. Tuttavia alcuni effetti problematici degli smartphone potrebbero riguardare un numero minore di ore di sonno, per esempio, e non le applicazioni in sé.

È facile dare la colpa alle nuove tecnologie per i problemi degli adolescenti. Ma altri problemi, come traumi e povertà, sono più gravi. Per esempio, molto probabilmente l'instabilità economica post-recessione è implicata nell'aumento dell'ansia più dell'uso degli smartphone.

ro di adattarsi agli ambienti mentre prendono decisioni e imparano. Quando entrano nell'età adulta, la finestra in cui si formano le connessioni tra strutture cerebrali comincia a chiudersi, irrigidendo i loro comportamenti. «Qualsiasi nostra esperienza nel periodo in cui il cervello è malleabile ha la potenzialità di influenzarlo», afferma Steinberg. Il cervello dei ragazzini è influenzato da fattori di ogni genere, fra cui i genitori, gli amici e la scuola. «Gli smartphone non sono destinati ad avere una particolare rilevanza. Ciò detto, le cose alle quali dedichiamo più tempo hanno un effetto maggiore sul nostro cervello».

Gli scienziati stanno appena iniziando a capire come l'uso dello smartphone potrebbe influenzare lo sviluppo degli adolescenti, dal punto di vista comportamentale e neurologico. La cosa chiara è che il grado in cui questi strumenti digitali influenzano la mente dei ragazzi dipende da come usano gli smartphone, da che cosa non fanno usandoli e dal contesto sociale in cui li usano, dentro e fuori casa.

Che cosa sappiamo veramente

Nel 2015 Lauren Sherman, oggi borsista alla Temple, ha constatato di prima mano l'allarmismo mal riposto a proposito di adolescenti e smartphone. Sapendo che gli adolescenti sono ossessionati dalle gratificazioni – nelle regioni cerebrali della gratificazione mostrano un'attivazione maggiore rispetto ai bambini o agli adulti – voleva esplorare le risposte neurali ai social media. Sherman ha invitato in laboratorio un gruppo di studenti delle superiori affinché guardassero una versione di Instagram mentre erano distesi in uno *scanner* per la risonanza magnetica funzionale (fMRI). La ricercatrice ha manipolato i loro post, in modo che alcuni partecipanti li vedessero con un numero elevato di *like* e altri li vedessero con pochi like. Per lo studio, i volontari avevano anche presentato fotografie di se stessi.

I ragazzi avevano più probabilità di mettere un like alle foto se ritenevano che le immagini fossero già popolari. Inoltre mostravano un'attivazione più intensa nelle regioni coinvolte nella cognizione sociale e nell'attenzione visiva, come se stessero pensando di più alle foto con molti like e le stessero valutando. Quando le foto proprie dei soggetti ricevevano molti like, mostravano una risposta nello striato ventrale, una regione cerebrale coinvolta nella gratificazione. «Questo spiegherebbe perché gli adolescenti sono utenti particolarmente avidi dei social media e perché li trovano così stimolanti», spiega Sherman.

Quando lo studio è stato pubblicato su «Psychological Science», sono arrivate le esagerazioni. «Poiché coinvolge gli stessi circuiti cerebrali, la stampa è arrivata a scrivere che i like sono come la cocaina», commenta Sherman. «Ma non lo sono affatto! Neanche un po'». Una stazione televisiva del New Jersey ha addirittura dichiarato che i like sono meglio delle droghe *e* del sesso.

Da adolescente la stessa Sherman leggeva con entusiasmo le trascrizioni stampate delle *chat* di AOL Instant Messenger (AIM). Pensa che i motivetti musicali che allora segnalavano un nuovo messaggio della chat non fossero poi così differenti dai like dei *teenager* di adesso. «Nessuno di questi due segnali è in sé gratificante, come lo è lo zucchero, ma impariamo che rappresentano una gratificazione sociale», afferma. Che fosse un sassolino lanciato contro la finestra di notte oppure il tanto atteso squillo del telefono a disco, possiamo tranquillamente ipotizzare che qualsiasi segno di un'imminente interazione sociale ha sempre eccitato il cervello degli adolescenti.

Tuttavia, a differenza di un telefono a disco o di un computer da tavolo con l'AIM, gli smartphone sono vere e proprie appendici, un fatto che alimenta paure sui loro eventuali effetti sugli adolescenti. «Non abbiamo prove così chiare degli effetti dell'uso dello smartphone sullo sviluppo cerebrale», spiega Nicholas Allen, direttore del Center for Digital Mental Health dell'Università dell'Oregon. «Chiunque racconti altrimenti fa solo congetture», gli fa eco Steinberg: «La letteratura in materia aumenta, ma si basa ancora piuttosto su correlazioni». E persino questi risultati sono un misto di riscontri positivi e negativi: alcuni studi segnalano i rischi del cyberbullismo; altri evidenziano risorse on line utili per gli adolescenti alle prese con questioni personali.

Una ricerca a lungo termine che mostrasse una relazione di causa ed effetto sarebbe difficile da condurre. «Non si possono scegliere a caso ragazzini con o senza smartphone», spiega Steinberg. Per studiare gli adolescenti, poi, ci vuole il permesso dei genitori, un problema logistico in più. Significa che le previsioni degli esperti sono spesso estrapolazioni di ricerche su studenti universitari. «A volte abbiamo buone ragioni per pensare che le scoperte di ricerche su giovani si possano generalizzare ad adolescenti più giovani, tuttavia non c'è modo di saperlo per certo». A complicare le co-

se c'è anche la scoperta che alcune strutture cerebrali, come la corteccia prefrontale, si sviluppano completamente solo intorno ai 25 anni.

Un'altra sfida degli esperimenti ruota intorno a che cosa esattamente si intende per smartphone. È un telefono, una macchina fotografica, una *console* per videogiochi e un'enciclopedia. Addirittura concentrarsi su *app* specifiche preferite dagli adolescenti, come Snapchat e YouTube, non è sufficiente. «Quando ci si domanda in che modo i ragazzi sono influenzati dai social media – spiega Steinberg – è come interrogarsi sugli effetti della tv senza distinguere tra un *reality show* e una miniserie televisiva».

Tra le storie che emergono sui giovani della generazione Z, una delle più diffuse è che siano più ansiosi e depressi, e che la colpa sia da imputare agli smartphone. La realtà è che «esiste una piccola, se pure duratura, relazione trasversale tra il tempo trascorso on line e ansia e depressione – spiega Allen – ma non sappiamo se è di tipo causale». (A sua volta il «tempo trascorso on line» è definito in modo differente, e alcuni studi si concentrano sui videogiochi oppure sui social media soltanto). Un'ipotesi plausibile, commenta Steinberg, è che la relazione causale sia nella direzione opposta. «Non è difficile immaginare che un adolescente depresso trascorra più tempo nella sua stanza, on line, invece di andare a un incontro tra compagni di scuola».

L'ESPERIMENTO

I social media rendono gli adolescenti... migliori?

È stato detto che i social media facciano emergere il peggio degli adolescenti, e che ne pregiudichino addirittura le capacità sociali. Le ricercatrici olandesi Helen G.M. Vossen e Patti M. Valkenburg hanno testato questa teoria. Hanno intervistato 942 giovani, dai 10 ai 14 anni di età, li hanno sottoposti al test AMES (Adolescent Measure of Empathy and Sympathy), poi hanno fatto la stessa valutazione un anno dopo. Le due scienziate hanno trovato che, dopo 365 giorni, l'uso dei social media era aumentato, insieme con la capacità degli adolescenti di comprendere e condividere i sentimenti dei loro pari.

Fonte: *Do Social Media Foster or Curtail Adolescents' Empathy? A Longitudinal Study*, di Helen G. M. Vossen e Patti M. Valkenburg, in «Computers in Human Behavior», Vol. 63, ottobre 2016

Larry D. Rosen, professore emerito di psicologia alla California State University a Dominguez Hills, e coautore di *The Distracted Mind, Ancient Brains in a High-Tech World*, del 2016, sospetta che, se pure è possibile che ragazzini già di per sé depressi o ansiosi usino lo smartphone in modo differente, l'influsso è probabilmente bidirezionale. Rosen pensa che i possibili colpevoli siano il confronto sociale (in cui chi naviga sui social media ha una pessima impressione della propria vita dopo essere stato bombardato di versioni edulcorate della vita degli altri) e il contagio emozionale (in cui gli sfoghi on line negativi influenzano lo stato mentale di chi naviga). Che un adolescente provi, o meno, un calo di autostima oppure un malumore passivo dipende dalle persone con cui è associato on line e da che cosa esattamente stanno guardando.

È quell'aspetto preciso di come i social media sono usati che ora i ricercatori stanno verificando. Oscar Ybarra, dell'Università del Michigan, e colleghi hanno scoperto che il benessere soggettivo è influenzato negativamente dall'uso passivo dei social media perché i confronti suscitano invidia. Ma l'uso attivo – pubblicare contenuti e interagire con gli altri invece di limitarsi a «leggere senza scrivere» – prefigurava livelli superiori di benessere soggettivo, forse perché l'uso attivo crea un capitale sociale e fa sentire gli utenti più connessi alle altre persone. In un altro esempio, uno studio dell'Harvard Graduate School of Education ha scoperto che gli adolescenti che erano indotti con successo ad analizzare criticamente i flussi di Instagram – riconoscendo che le immagini sono «scelte» e non rappresentative della realtà – provavano meno sentimenti negativi, in particolare se prima avevano confrontato se stessi negativamente rispetto a coloro con cui condividono i contenuti on line.

Benché l'umore degli adolescenti potrebbe essere in genere flessibile agli alti e bassi dei social media, altre aree dello sviluppo cognitivo destano più preoccupazione. Harry Wilmer e Jason Chain, psicologi della Temple University, hanno scoperto una correlazione tra un uso più massiccio dello smartphone e una capacità inferiore di rimandare la gratificazione, per esempio prendendo una somma inferiore di denaro subito invece di pazientare per una somma maggiore. Ma i ricercatori non sanno ancora dire se le persone impulsive stanno più attaccate ai telefonini, o se i telefonini rendono ognuno di noi meno capace di resistere agli impulsi.

Per Rosen, un grosso problema non è tanto come gli adolescenti usino i loro cellulari, quanto l'«ansia tecnologica» e la nomofobia (la paura di rimanere sconnessi dalla rete di telefonia mobile), che li distraggono da altre attività. La ricerca ha dimostrato che il *multitasking* peggiora le prestazioni in qualunque attività in corso. Rosen ha monitorato quante volte i suoi studenti sbloccavano ogni giorno il cellulare. «In media erano 50 volte – spiega – e rimanevano al telefono ogni volta per circa cinque minuti e un quarto». Buona parte delle quasi costanti controllatine riguardava la comunicazione, perché le app più usate erano Facebook, Instagram, Snapchat e YouTube. «Sappiamo che metà del tempo in cui le persone controllano il cellulare è dovuto al fatto che ricevono un *alert* o una notifica». Il fenomeno riguarda anche gli adulti: uno studio britannico ha dimostrato che la semplice presenza di un cellulare su un tavolo tra due persone che conversano su un argomento importante aveva un effetto negativo su intimità e qualità della conversazione. La chiamata di un telefonino ha un volume cognitivamente alto, anche quando è spento.

La distrazione temporanea è una cosa; più preoccupante è il potenziale danno cerebrale a lungo termine dovuto a stress. «Sono convinto – dice Rosen – che dopo che una persona ha dato una controllatina e poi smette di guardare il telefonino, il cortisolo si

si con gli smartphone può addirittura aumentare l'empatia.

Uno studio olandese del 2016 ha intervistato 942 adolescenti e ha ripetuto l'intervista un anno dopo. L'uso dei social media è sembrato migliorare la loro capacità di comprendere e condividere i sentimenti dei loro pari in quel lasso di tempo. Un altro studio di Sherman su come i social media influenzano la confidenza ha dimostrato che le conversazioni di persona tra due ragazze adolescenti produceva il livello massimo di relazione, che comunque non era molto più alto rispetto a quando chiacchieravano in video. Poiché le piattaforme di comunicazione diventeranno sempre più audiovisive, Sherman pensa che questi mutamenti potrebbero avvicinare sempre di più le persone.

Ma che dire che dell'invio continuo di messaggi? Jay Giedd, direttore del Child and Adolescent Psichiatry dell'Università della California a San Diego, afferma che le persone tendono comunque a leggere meglio le espressioni facciali quando hanno tra i 20 e i 30 anni. Quanto al loro modo di interagire, «non si dovrebbe confondere "differente" con "carente"», spiega. Alcuni affermano che lo stile dei loro messaggi è sbagliato, ma stanno comunicando idee, anche se la prosa e la grammatica non sono come vorremmo». Invece di considerare le carenze, Giedd si interroga su pro e contro: «In che cosa sono più bravi i loro cervelli? A cercare tra i messaggi? A stare in contatto con più amici?».

Addirittura la convinzione che le interazioni di persona siano più appaganti e profonde non è sempre vera. Sherman ha chiesto ai suoi volontari se c'erano argomenti che affrontavano più a loro agio parlandone tramite comunicazioni digitali, come i messaggini. Hanno risposto che, se volevano dire qualcosa di realmente emotivo ed erano magari sul punto di piangere, preferivano inviare messaggi. Anche perché interagiscono spesso on line con amici della vita reale, un modo differente, e forse persino più profondo, di legarsi può avvenire quando gli adolescenti si scambiano rivelazioni che sono complicate da esprimere a voce.

Meno innocuo dei messaggi è l'accesso senza precedenti alla pornografia reso possibile dagli smartphone; questo accesso potrebbe influire sul modo in cui molti adolescenti, specialmente se hanno altri fattori di rischio, sviluppano le relazioni sentimentali nella vita reale. «Sebbene non ci siano prove chiare, l'esposizione senza limiti a materiale pornografico potrebbe influire sulla loro idea di sessualità e dei rapporti di coppia, specialmente se è la loro primissima esposizione al sesso», spiega Allen. Uno studio del 2016 ha rilevato che circa tre quarti degli adolescenti (a prescindere dal genere o dalla provenienza) riferiva un problema sessuale, per esempio uno scarso desiderio o l'incapacità di raggiungere l'orgasmo, associati a livelli di angoscia clinicamente significativi. L'autrice dello studio, Lucia O'Sullivan, docente di psicologia all'Università del New Brunswick, in Canada, afferma che buona parte dei giovani tende ad assuefarsi alla pornografia. Ritiene che problemi di salute mentale generale e un'attenzione per il rischio di gravidanza e di infezioni – più che un'esplorazione più ampia

riversa nel sistema dalle ghiandole surrenali. Un po' di cortisolo va bene, ma un bel po' assolutamente no. E con l'aumento del suo livello le persone diventano più ansiose. L'unico modo per placare quella sensazione è controllare il cellulare di nuovo».

Rosen si domanda se un flusso continuo di cortisolo non influenzi lo sviluppo della corteccia prefrontale, la parte del cervello responsabile, fra l'altro, del controllo degli impulsi e della presa di decisioni. È l'ultima parte del corpo in cui cellule adipose si avvolgono intorno ai neuroni, la cosiddetta mielinizzazione. «L'ipotesi è che i giovani usino la corteccia prefrontale in modo differente e forse meno efficiente». Con la spettroscopia funzionale nel vicino infrarosso, Rosen ha studiato la corteccia prefrontale di utenti tecnologici «fedeli» e di utenti «occasionali» e ha osservato che – perlomeno durante un compito esecutivo – gli utenti occasionali usano la corteccia prefrontale in modo differente dagli utenti fedeli.

Compromesso tra vita digitale e vita reale

Gli adolescenti sempre con lo smartphone in mano sono stati ritratti come persone solitarie, prive di empatia, addirittura incapaci di stabilire relazioni «reali» con amici o fidanzati. La paura è che l'uso dello smartphone scoraggi – o addirittura sostituisca – comportamenti sani, anche le interazioni di persona.

I ricercatori che studiano gli adolescenti non sono così preoccupati. «Non ci sono prove che i social media alterino lo sviluppo delle competenze sociali», sostiene Steinberg. Le principali persone con cui i ragazzi interagiscono nei social media sono le stesse con cui interagiscono di persona. L'ironia, secondo Allen, è che l'opportunità di esplorare relazioni di ogni genere, senza essere sotto lo sguardo diretto dei genitori, è quello che attira per prima cosa molti adolescenti verso i loro cellulari. Connetter-

Come finanziare con 300 milioni di dollari uno studio sul cervello degli adolescenti? Grazie agli smartphone

E se i tanto deprecati smartphone proteggessero la salute mentale degli adolescenti e aiutassero i ricercatori a capire altri aspetti dello sviluppo dei nostri ragazzi? Almeno il 50 per cento delle malattie mentali è già iniziato a 14 anni di età e il 75 per cento a 24 anni, un fatto che Jay Giedd, direttore del Child and Adolescent Psychiatry dell'Università della California a San Diego ha provato a capire per tutta la sua carriera. La ragione per cui i sintomi compaiono in quel periodo è correlata alla plasticità del cervello degli adolescenti e ai cambiamenti dinamici che avvengono in questa fase della vita, ed è la stessa ragione per cui rispondono al trattamento. Sempre ammesso che lo ricevano. «Il tempo medio tra il momento in cui una persona entra in depressione e quello in cui riceve il trattamento è di dieci anni», spiega Giedd. «È una vergogna per la nostra professione. Un bambino su sette è depresso» e pochissimi ricevono un trattamento.

I sintomi della malattia mentale sono spesso cose come sbalzi d'umore, che tutti gli adolescenti provano. «Come si fa a capire se un adolescente sta semplicemente facendo l'adolescente? Faccio lo psichiatra da quasi trent'anni, ed è difficile capirlo», commenta Giedd. «Il segreto per una diagnosi è il cambiamento. Ma il valore di base potrebbe essere casuale: alcune persone sono estroverse; altre sono timide. Se uno di loro viene una volta ogni sei mesi, e gli chiediamo "quanto sei stato felice?", va già bene se risponde quanto felice era quella mattina».

E qui entrano in gioco gli smartphone: tracciando l'attività on line di un adolescente, i ricercatori possono rilevare cambiamenti perché il valore di base è attendibile. Per questa ragione Giedd è ottimista sul fatto che un giorno le tecnologie mobili potrebbero aiutare gli adolescenti più dei farmaci.

Oggi un progetto pionieristico sta esaminando queste applicazioni per capire gli effetti degli smartphone – insieme ad altri fattori – sul cervello degli adolescenti nel tempo. Lo studio Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD) ha ricevuto un finanziamento di 300 milioni di dollari, «vale a dire più dell'intera storia delle ricerche sugli adolescenti nel mondo fino a oggi», commenta Giedd. Lo studio ha base a San Diego, ma si svilupperà in 21 sedi sparse negli Stati Uniti. Il gruppo ha già reclutato circa 7000 ragazzi di nove e dieci anni di età (l'obiettivo è 11.500), che saranno seguiti almeno per i prossimi dieci anni. Il loro cervello sarà scannerizzato ogni due anni, e saranno seguiti con smartphone e altre applicazioni ogni 3-6 mesi. La prima serie di dati è stata resa pubblica nel dicembre 2017, e i dati saranno liberamente disponibili ai ricercatori affinché ne facciano uso.

Giedd prevede che le scansioni del cervello mostreranno cambiamenti sottili ma reali nel tempo, non nelle dimensioni del cervello ma nelle sue connessioni. «La quantità di dati che sta entrando nel nostro mondo è aumentata enormemente, e penso che questo si manifesterà in parti del cervello che si occupano dell'assegnazione di priorità e della scansione dei dati. È possibile che in futuro si arriverà a un punto in cui poter dire "guarda, un cervello di era digitale; guarda, un cervello di era non digitale". In realtà però oggi non riusciamo a farlo nemmeno con l'autismo o con la schizofrenia».

della comunicazione e il «come» degli incontri sessuali – siano imputabili ai risultati che ha ottenuto.

Esplorando il complesso mondo della sessualità e delle relazioni di ogni tipo, inoltre, gli adolescenti «scoprono se stessi». Formare un'identità è un lavoro impegnativo per gli adolescenti, e qualcuno si domanda se immergersi nello smartphone potrebbe negare loro occasioni per trovare la propria, di identità. «I social media sono un luogo in cui gli adolescenti esprimono se stessi e pensano a come si presentano agli altri», spiega Sherman. «Una delle prime ipotesi era che andassero on line per esplorare identità nuove, per diventare qualcun altro. Invece sembra che le cose non stiano così». Ma ciò non significa che non stiano sperimentando versioni leggermente differenti di un nucleo della loro identità.

Gli adolescenti sono abili a evitare di essere individuati e scaltri nel coltivare un sé pubblico e un sé privato. «Talvolta i ragazzi hanno un profilo pubblico e poi un *account* "Finsta", un falso Instagram, in cui paradossalmente mostrano il loro vero io», condividendo facce sciocche o flussi di pensiero al naturale, commenta Sherman. «Oggi è possibile collegare due account, probabilmente una risposta a utenti che creavano account secondari», aggiunge. «Gli adolescenti distorcono questi ambienti on line per adattarli ai loro scopi. Dedichiamo tempo a parlare degli effetti dei social media sugli adolescenti; ma loro con questi strumenti ci stanno interagendo; e li stanno cambiando. È una relazione bidirezionale».

Theo Klimstra, professore associato di psicologia dello sviluppo all'Università di Tilburg, nei Paesi Bassi, considera gli smartphone un'arma a doppio taglio nella formazione dell'identità. «Una cosa che in genere gli adolescenti fanno è cercare persone come loro, per trovare uno specchio», dice. Se cresci in una zona dove ci sono poche persone come te, allora i social media rendono possibile trovare un'anima gemella. Molti ricercatori fanno l'esempio degli adolescenti gay che sentono di non poter fare *coming out* nelle città dove vivono, ma possono trovare modelli di ruolo e comunità positive on line. I possibili lati negativi, spiega Klimstra, sono la tirannia della scelta e la possibilità di un effetto di ritorno devastante. Internet potrebbe paralizzare gli adolescenti con la sua schiera soffocante di sé possibili e danneggiare la loro autostima con reazioni estreme sui social media.

Anche se gli smartphone non stanno rendendo gli adolescenti antisociali o (più) confusi sulla loro identità, a quanto pare stanno sottraendo una cosa essenziale per i teenager: il sonno. Complessivamente gli adolescenti dormono meno che in passato. Un riassunto di dati su 690.747 bambini di 20 paesi, dal 1905 al 2008, ha scoperto che dormono oltre un'ora in meno rispetto ai giovani di cent'anni fa.

Di recente Sakari Lemola, professore di psicologia all'Università di Warwick, nel Regno Unito, ha scoperto che gli adolescenti che hanno uno smartphone si addormentano più tardi la sera. «Probabilmente perché sono impegnati nei social media a comunicare con amici e a guardare YouTube», spiega Lemola. «Abbiamo anche scoperto che l'uso dei media elettronici verso l'ora della nanna era correlato a una durata minore del sonno e a sintomi maggiori di insonnia. A loro volta, un sonno breve e una scarsa qualità del sonno erano correlati a sintomi depressivi».

I collegamenti possibili sono diversi, spiega Lemola. Gli schermi piatti emettono una maggiore quantità di luce blu, che inibisce la melatonina, un ormone prodotto dalla ghiandola pineale di notte o al buio, che regola i nostri orologi interni. Ricevere messaggi o commenti da amici sui social media è eccitante per gli adolescenti, che quindi si addormentano con più difficoltà. Ed è dura spegnere il telefono quando hai un intrattenimento senza fine.

Lemola segnala uno studio recente che dimostra come nei giovani un sonno scadente sia un fattore causale di gravi problemi di salute mentale, per esempio sintomi psicotici. «Da un lato, sono fiducioso che ci sia una maggioranza di adolescenti capaci di adattarsi bene alle nuove opportunità offerte dai social media», osserva. «Dall'altro, c'è una minoranza di adolescenti più vulnerabili, che corre un rischio più grande di cattiva salute mentale rispetto alle generazioni precedenti. È verosimile che un aumento dell'uso di media elettronici e una diminuzione della qualità del sonno abbiano un ruolo centrale nella salute mentale, sebbene altri cambiamenti nella vita degli adolescenti, dall'urbanizzazione allo stress scolastico, possano a loro volta svolgere un ruolo».

Quando Steinberg viene fermato da un genitore preoccupato, chiede: «Che cosa non sta facendo suo figlio a causa del tempo che passa al cellulare? Se non sta dormendo, facendo attività fisica, studiando e stimolando la mente con attività nuove e impegnative, allora la cosa non è sana». Ma le convinzioni su che cosa si considera «nuovo e stimolante» potrebbero a loro volta mutare. «In passato, se mi chiedevano che cosa è meglio per un adolescente, il violino o il videogioco d'azione *Assassin's Creed*?, la consideravo una battuta», racconta Giedd. «Ma col tempo ho capito che *Assassin's Creed* richiede strategia, memoria, riconoscimento visivo e ottimi riflessi. E guardare video ben confezionati è probabilmente un modo migliore, per imparare, che non leggere. È difficile per me dire queste cose, ma nei termini di come il cervello assorbe le informazioni, forse è vero».

Un po' più di fiducia nell'animo in divenire degli adolescenti può anche bilanciare la paura per lo smartphone

Adulti oggi

Quando si tratta dei pericoli affrontati dagli adolescenti, le scintillanti nuove tecnologie sono un punto di attrazione più interessante rispetto ai pericoli familiari e radicati. Questo pregiudizio può distorcere il nostro senso delle proporzioni: insieme con un sonno carente, spiega Allen, i conflitti in famiglia sono una causa importante di problemi di salute mentale per gli adolescenti. «Il conflitto e lo stress influenzano il cervello, come del resto la mancanza di calore e di sostegno. Perché preoccuparsi dell'effetto dei telefonini quando sono così marcate le prove a favore di questi altri fattori? Steinberg la pensa allo stesso modo quando dice che i fattori su cui bisognerebbe concentrarsi sono traumi, povertà, esposizione alla violenza e consumo di droghe pesanti, perché hanno un influsso enorme sullo sviluppo degli adolescenti.

I timori verso gli smartphone potrebbero essere semplicemente una copertura per il ruolo difficile di vedere un figlio crescere e cambiare. «Ci rendiamo conto che i nostri figli non sono interessati a passare del tempo con noi o sono impegnati in qualche forma di comportamento anomalo, tutte cose che associamo di solito all'adolescenza», spiega Sherman. Ma invece di accettare i cambiamenti come normali, «diciamo, che cosa c'è di diverso? Ma certo, è questa nuova tecnologia!». In fondo i ragazzi della generazione X, nati tra gli anni sessanta e gli anni ottanta, e i Millennial hanno trascorso gli anni dell'adolescenza incollati alla televisione o immersi in banali iterazioni di comunicazioni elettroniche.

È anche utile considerare l'aspetto antropologico, aggiunge Klimstra. Gli adolescenti di oggi «crescono in un mondo assai differente. Dalla nostra prospettiva, *selfie* e social media potrebbero apparire narcisistici, ma ogni cosa va legata al contesto». E il loro contesto è pervaso da insicurezza economica. «La disoccupazione è alta in molte parti del mondo. Questo rende difficile cominciare una propria vita da giovani, emanciparsi dai genitori e diventare finanziariamente e psicologicamente indipendenti», commenta. «È un pericolo ben maggiore dell'uso degli smartphone».

I ricercatori vedono opportunità per mitigare gli effetti negativi dell'uso dello smartphone. Rosen invita i ragazzi a «non comportarsi in modo condizionato, come i cani di Pavlov, e a disattivare le notifiche». Consiglia anche i genitori a dare il buon esempio, non tirando fuori il cellulare troppo spesso. È una grande questione irrisolta: fino a che punto genitori con la mania dello smartphone influenzano lo sviluppo cerebrale degli adolescenti se loro stessi sono meno coinvolti e presenti con i figli?

«Negli Stati Uniti i genitori danno il cellulare ai figli già a 12 anni e "buona fortuna con *fake news*, bullismo e pornografia!"», commenta Allen. «Ci aspettiamo che i nostri ragazzi crescano in un attimo e affrontino il mondo degli adulti. Noi dovremmo sostenere queste esperienze e plasmarle successivamente poco alla volta, aiutando i ragazzi a diventare indipendenti. È chiaramente un campo in cui istruzione e politiche pubbliche hanno un ruolo». Giedd la pensa allo stesso modo: «Il terapeuta più ricercato del mondo non è Dr. Phil, psicologo e conduttore televisivo statunitense, ma Siri. Risponde abilmente a più domande di salute mentale di chiunque. La responsabilità non è di Apple. Come fare di meglio se è lì che i nostri ragazzi si rivolgono?».

I ricercatori concordano sul fatto che avere un rapporto ravvicinato e amorevole con i genitori è tra i fattori più importanti per la buona salute mentale dell'adolescente, quindi la cosa migliore che i genitori possono fare è appassionarsi con i ragazzi all'uso delle tecnologie. «Chiedete loro che cosa trovano coinvolgente nei loro telefonini», spiega Allen. «Parlate delle loro paure e interessi. Questo tipo di discussione è molto più produttivo che non dire "posa sul tavolo quel telefonino!"».

Un po' di fiducia nell'animo in divenire degli adolescenti può anche bilanciare la paura per lo smartphone. «La ragione per cui noi siamo qui e i Neanderthal non ci sono più è che noi abbiamo gli adolescenti», spiega Giedd. «I neanderthaliani non hanno avuto veri adolescenti; a 12 anni avevano già figli. L'uso degli utensili dei Neanderthal non è cambiato per quasi 200.000 anni. Il loro cervello era più grande del nostro, ma non riuscirono ad adattarsi quando il clima cominciò a mutare. Per sua stessa natura, il cervello degli adolescenti si adatta al suo ambiente. I ragazzi di oggi magari non ricorderanno quanto sono alte le montagne o lunghi i fiumi, ma saranno capaci di scoprire il segnale nel rumore». ■

PER APPROFONDIRE

Adolescents' Electronic Media Use at Night, Sleep Disturbance, and Depressive Symptoms in the Smartphone Age. Lemola S. e altri, in «Journal of Youth and Adolescence», Vol. 44, n. 2, pp. 405-418, febbraio 2015.

The Teenage Brain: A Neuroscientist's Survival Guide to Raising Adolescents and Young Adults. Jensen F.E., con Nutt A. E., Harper, 2015.

POLITICA ED ETICA

OMISSIS

di Charles Seife

La Food and Drug Administration sta nascondendo i dati di trial clinici per proteggere i segreti commerciali delle case farmaceutiche?

Nick Veasey/Getty Images

Charles Seife è docente di giornalismo all'Università di New York e autore del libro *Le menzogne del Web: Internet e il lato sbagliato dell'informazione* (Bollati Boringhieri, 2015).

Capita raramente che la Food and Drug Administration (FDA) sia accusata di eccessiva trasparenza, ma alla fine di settembre ha dato l'impressione di aver rivelato qualcosa di troppo. Nel tentativo di raggiungere il «massimo livello di trasparenza», l'agenzia statunitense del farmaco ha causato un'emorragia dei prezzi delle azioni di quattro aziende biotech.

Gli operatori di borsa, agitatissimi, hanno iniziato ad analizzare le informazioni isolate e prive di contesto fornite dall'agenzia e si sono liberati subito delle azioni delle farmaceutiche, causando un crollo dei prezzi breve ma brutale.

Non sarebbe dovuta andare così. L'iniziativa di trasparenza della FDA non aveva niente di rivoluzionario; si trattava del lancio di un'interfaccia web per accedere a un database degli effetti collaterali dei farmaci chiamato FAERS (FDA Adverse Event Reporting System). Oltre a essere già pubblico da prima di questi eventi, anche se in una forma un po' meno facile da consultare, il database è anche disordinato, senza contesto e soggetto a ogni sorta di pregiudizi, parzialità ed errori che rendono praticamente impossibile un'interpretazione corretta. Non ha nulla che possa entusiasmare il grande pubblico; di certo non è abbastanza preciso da indicare agli speculatori finanziari quando liberarsi di un titolo, non più di quanto lo sia una sega elettrica per amputare un arto. Eppure, appena la FDA ha annunciato la nuova interfaccia, le azioni di quattro aziende (Sarepta Therapeutics, Ionis Pharmaceuticals, Biogen e Acadia Pharmaceuticals) sono crollate.

La causa di fondo del tracollo, paradossalmente, è stata la mancanza di trasparenza della FDA a proposito di alcuni dati importanti sull'effetto dei medicinali. Dati sugli eventi avversi che si sono verificati nei pazienti che hanno assunto il medicinale. Dati che possono indicarci quali elementi di uno studio clinico non siano stati resi pubblici dai ricercatori. Persino dati che suggeriscono comportamenti scorretti in trial clinici importanti. L'agenzia si rifiuta di renderli pubblici, benché senza di essi il pubblico non possa prendere una decisione informata e consapevole sull'assunzione di un medicinale. Il motivo è che se quei dati fossero resi pubblici potrebbero danneggiare una casa farmaceutica. Il rifiuto della FDA è una prova evidente di quanto l'agenzia si senta in dovere di proteggere i segreti industriali, anche a scapito della sicurezza dei consumatori. È l'esatto contrario della trasparenza, e nel caso della FDA può mettere a rischio la vita delle persone.

La FDA si trova nella posizione poco invidiabile di dover prendere tutti i giorni decisioni su questioni di vita o di morte. Per quanto sia un'agenzia valida, di tanto in tanto prenderà una decisione sbagliata e i cittadini saranno messi in pericolo o addirittura moriranno.

Ma quando le cose vanno storte, spesso è dannatamente difficile capire esattamente che cosa è successo. La FDA ha da tempo la reputazione di un'agenzia poco trasparente; persino i membri del Congresso, che hanno il potere di richiedere informazioni con un mandato, sono rimasti frustrati dal rifiuto dell'agenzia di fornire informazioni di base che avrebbero potuto aiutare a rivelare

IN BREVE

Nel settembre 2016 la FDA ha fatto il passo molto inconsueto di approvare un farmaco, l'eteplirsen, andando contro il parere dei suoi stessi esperti.

Di fronte a una richiesta di dati su eteplirsen in base alla legge sulla libertà di informazione, la FDA ha reso pubblici documenti pesantemente censurati che suggeriscono l'esistenza di vari effetti avversi e persino un possibile comportamento scorretto dal punto di vista scientifico.

La ragione addotta ufficialmente dalla FDA per aver omesso gli altri dati sembra indicare che l'agenzia sia più interessata a proteggere le case farmaceutiche che a promuovere la sicurezza pubblica.

i fatti alla base di una decisione sbagliata. Dieci anni fa il senatore dell'Iowa Charles Grassley, indagando su un caso in cui la FDA aveva commesso un errore approvando un medicinale pericoloso, affermò che l'agenzia aveva addotto «tutte le scuse possibili e immaginabili» per evitare di rendere pubblici i documenti richiesti:

«Il Dipartimento [della salute e dei servizi sociali] e la FDA affermano [...] di aver aderito all'indagine Ketek del Comitato finanziario, perché hanno messo a disposizione del Comitato milioni di pagine di documentazione. Ma quella che hanno consegnato è quantità, non qualità.

«Hanno consegnato centinaia di pagine che contenevano solo annotazioni come «57 pagine rimosse» o «4 pagine rimosse». [...] In altri documenti intere pagine, paragrafi o frasi sono stati espunti senza alcuna spiegazione di che cosa sia stato nascosto o rimosso o del perché. Addirittura, in alcuni casi la FDA ha censurato gli stessi documenti in modi diversi e ha censurato perfino una lettera che io avevo scritto loro riguardo un'altra questione».

Anche giornalisti come me si sono trovati di fronte a ostacoli simili quando hanno cercato informazioni per scrivere articoli sulla FDA. (Per esempio, quando cercavo di indagare sul modo in cui era gestito un enorme caso di frode che metteva in discussione i dati alla base dell'approvazione di diversi farmaci, l'agenzia si è rifiutata di rivelare i nomi dei farmaci coinvolti.) A volte l'agenzia non solo è lenta nel rendere pubbliche le informazioni sui problemi che riscontra nei farmaci, ma è disposta anche a rassicurare il grande pubblico su prodotti che in seguito si rivelano pericolosi. Così i cittadini non possono fidarsi che la FDA riferisca tutto ciò che sarebbe importante sapere, e i dati oggettivi che usa per prendere decisioni sono diventati molto importanti per capire non solo il processo decisionale dell'agenzia, ma anche se le decisioni che ha preso sono giuste o sbagliate.

Si dà il caso che una delle decisioni più controverse degli ultimi anni riguardi proprio una delle aziende coinvolte nel crollo azionario di settembre, la Sarepta. A settembre 2016 la FDA ha deciso di approvare il primo farmaco di Sarepta, l'eteplirsen, un composto abilmente progettato che avrebbe dovuto essere d'aiuto ad alcuni malati di distrofia muscolare di Duchenne (DMD), una malattia mortale che colpisce i maschi nei primissimi anni di vita.

La risposta iniziale della FDA sosteneva la bocciatura del farmaco ma Janet Woodcock, responsabile del Center for Drug Evaluation and Research, il centro interno all'agenzia dedicato alla valutazione e alla ricerca sui farmaci, con una mossa davvero inconsueta ha ribaltato il parere del comitato di valutazione della stessa FDA e ha dichiarato che il medicinale andava immesso sul mercato. Da allora l'eteplirsen è avvolto in un'aura di sospetto, mentre le terze parti interessate, come assicuratori, medici e ricercatori indipendenti, cercano di capire se sia efficace o meno.

L'agenzia ha reso pubbliche migliaia di pagine di documentazione sull'eteplirsen, ma io sapevo che mancavano tante informazioni di importanza decisiva. Informazioni che possono contribuire a determinare se l'agenzia abbia approvato un farmaco completamente inefficace basandosi su sperimentazioni cliniche malfatte e influenze indebite dell'industria, o se invece i sospetti sulla sicurezza e sull'efficacia dell'eteplirsen siano ingiusti.

Lo scorso maggio, per capire meglio la decisione sull'eteplirsen, ho citato in giudizio la FDA appellandomi al Freedom of Information Act, la legge sulla libertà di informazione; la causa era studiata appositamente per obbligare l'agenzia a rendere pubbliche le informazioni sul farmaco e sulla propria decisione. Qualche mese dopo l'agenzia ha diffuso migliaia di pagine di documentazione precedentemente riservata sull'eteplirsen e sulla sua approvazione, ma nonostante il volume di quei documenti ancora una volta il suo comportamento è tutt'altro che trasparente.

La cosa più notevole di quei documenti non sono le informazioni che la FDA ha reso note, ma quelle che rifiuta di rivelare. Per esempio, in molti documenti sono rimossi gli eventi avversi riscontrati di frequente (effetti collaterali e altre conseguenze negative che si verificano durante la cura). In alcuni casi, altre fonti forniscono indizi su quali potessero essere quegli eventi avversi. Per esempio, un documento riporta che «[gli eventi avversi] riferiti più comunemente comprendevano dolore procedurale, dolore del cavo orofaringeo, [OMISSIS], tosse, congestione nasale e dolore alle estremità». Per fortuna nella tabella successiva una sezione scritta in modo quasi identico è rimasta intatta e suggerisce che la parte censurata sia una delle seguenti: ipopotassiemia (basso livello di potassio), vomito, «disturbi dell'equilibrio», cefalea, febbre, mal di schiena e un certo tipo di coagulo del sangue detto ematoma. (Il vomito e i disturbi dell'equilibrio sono elencati tra i possibili effetti collaterali nel foglietto illustrativo dell'eteplirsen.) In altri casi, invece, è praticamente impossibile capire che cosa sta cercando di nasconderci la FDA: una lista aggiornata degli eventi avversi riportata in uno studio di *follow up* afferma che «[gli eventi avversi] verificatisi più comunemente comprendevano dolore procedurale, [OMISSIS]». Dal documento sono stati espunti anche i possibili indicatori di problemi renali e di problemi legati ai coaguli di sangue.

La FDA deve prendere una decisione esplicita quando sceglie di impedire ai cittadini di leggere ciò che viene nascosto dalle strisce nere nel documento. E sembra determinata a impedire alla gente di disporre di informazioni complete sulla sostenibilità scientifica dell'eteplirsen, e non solo per quanto riguarda gli effetti collaterali.

L'approvazione di un farmaco si basa sulle reazioni dei pazienti in riferimento ai cosiddetti indicatori di esito in trial clinici chiave. Gli indicatori

di esito sono i criteri in base ai quali si valuta il miglioramento dei pazienti. Nel caso di una malattia muscolare degenerativa come la distrofia muscolare di Duchenne, si può scegliere tra tanti indicatori: quanto spazio il paziente riesce a percorrere in sei minuti, in quanto tempo riesce a correre 10 metri, di quanto tempo ha bisogno per rialzarsi da terra, eccetera.

Ma la cosa cruciale è scegliere i criteri in anticipo e pubblicare tutti i risultati, altrimenti è possibile manipolare il sistema sostituendo gli indicatori di esito nel corso dello studio. È facile far sembrare efficace un farmaco inutile se si nascondono gli indi-

catori che non danno buoni risultati e si mostrano soltanto quelli che li danno. È come scorrere un mazzo di carte da poker e scegliere solo quelle che si vogliono: è chiaro che così si ottiene tutte le volte una scala reale.

I ricercatori che hanno studiato l'eteplirsen hanno osservato almeno nove indicatori di esito destinati a valutare la forza e il tono muscolare dei pazienti. I risultati di almeno due di questi indicatori sono stati nascosti: mancano da tutta la letteratura pubblicata dopo *peer review*. Questo non è particolarmente strano, è una cosa che le case farmaceutiche e i ricercatori fanno in continuazione; invece sorprende che la FDA sia disposta a rendersi complice di questo occultamento: l'agenzia censura ogni riferimento ai risultati di quelle misure e perfino i nomi degli indicatori di esito che sono scomparsi.

Praticamente ogni menzione di quei due indicatori è nascosta con una striscia nera: le tabelle sono censurate, la valutazione degli indicatori di esito da parte di Sarepta è censurata, perfino gli indici dei contenuti sono censurati.

Partendo da altre fonti, sono riuscito a ricostruire che i due indicatori di esito mancanti sono un «test dei nove buchi»,

nel quale il paziente viene cronometrato mentre inserisce paletti in un certo numero di buchi, e il «test di massima contrazione volontaria isometrica» o MVICT, che misura la forza con cui il paziente tira una cinghia.

I risultati di questi test non si trovano da nessuna parte, anche se Sarepta ne è in possesso da anni. Tutte le volte che ho richiesto i risultati di queste misure mancanti, ai ricercatori o all'azienda stessa, mi sono stati rifiutati, sebbene ufficialmente i ricercatori che hanno studiato l'eteplirsen li abbiano «presentati» in un poster a una conferenza lo scorso ottobre, poco tempo dopo che la FDA aveva iniziato a rendere pubblici i documenti in risposta alla mia causa giudiziale. (Un altro poster presentato alla stessa conferenza è visibile sul sito web di Sarepta, ma non si trovano informazioni sugli indicatori di esito mancanti.) La conclusone logica è che i risultati del test dei nove buchi e del MVICT siano stati rimossi perché danneggiavano le possibilità dell'eteplirsen invece di migliorarle.

Altre prove della sostituzione degli indicatori sono legate al numero di certi tipi di globuli bianchi, i CD3, CD4 e CD8, che si trovano nel tessuto muscolare di ciascun paziente. Non è chiaro che cosa avessero in mente i ricercatori, perché la descrizione che Sarepta dava sul sito web del registro nazionale delle sperimentazioni cliniche di questo «endpoint secondario chiave sull'efficacia» era vaga, ma sappiamo che in un momento non meglio specificato tra il luglio 2011, quando iniziò la sperimentazione, e il luglio 2015, tre anni dopo la fine, l'«endpoint secondario chiave sull'efficacia» si era misteriosamente trasformato in un test di marcia e l'indicatore di esito basato sul numero di globuli bianchi non appariva più da nessuna parte. (Né il ricercatore responsabile della sperimentazione sull'eteplirsen né Sarepta hanno voluto rispondere a domande su quale fosse l'indicatore di esito in questione o su quali fossero stati i risultati ottenuti.) La FDA conosce le risposte, ma non ne parla: i maggiori riferimenti all'analisi di questi globuli bianchi tendono ad avere un grande blocco di testo censurato al posto dei risultati.

La sostituzione degli indicatori è uno dei modi in cui i ricercatori e le case farmaceutiche possono distorcere il contesto in cui si inserisce un risultato clinico, al fine di far apparire un determinato farmaco più efficace o più sicuro di quanto sia in realtà. Il lavoro della FDA dovrebbe essere l'esatto contrario: lottare contro la distorsione della scienza da parte dell'industria farmaceutica e offrire una misura oggettiva della sicurezza e dell'efficacia dei farmaci per aiutare i medici a scegliere la soluzione migliore per i loro pazienti. Invece per quanto riguarda l'eteplirsen la FDA si schiera nettamente con l'industria e contro gli interessi pubblici.

Questo è vero persino nel caso di accuse di vera e propria frode. Uno dei documenti più allarmanti ottenuti grazie alla mia causa giudiziale è una serie di e-mail nella quale un controllore della FDA suggerisce che Sarepta o i ricercatori che studiavano l'eteplirsen potrebbero aver manipolato o travisato l'interpretazione di alcune immagini scientifiche. Particolarmente preoccupanti in questo senso sono le immagini di *western blot*, una tecnica che gli scienziati usano per valutare i tipi e le quantità di proteine presenti in un campione, che nell'immagine fotografata appaiono come una serie di righe disordinate. Le immagini di western blot si trovano dappertutto nella letteratura medica e biologica, ma dato che si tratta di immagini molto semplici, sono anche facili da falsificare, e la frode legata al western blot è sorprendentemente diffusa.

Gli studi sull'eteplirsen comprendevano alcuni western blot, e quelle immagini hanno risvegliato dubbi in un importante controllore della FDA, che ha scritto: «Sembra che ci sia motivo di sospettare un travisamento dei dati». A quanto pare, temeva che le immagini potessero essere ingannevoli o persino essere state manipolate in modo inappropriato.

Jerry Mendell, pediatra al Nationwide Children's Hospital e responsabile della sperimentazione sull'eteplirsen, nega ogni accusa di manipolazione delle immagini. «Le sperimentazioni sono state sottoposte a controllo/revisione da parte della FDA [e il farmaco è stato approvato] e gli articoli sono stati pubblicati dopo peer review», ha scritto in una e-mail. Sarepta non ha commentato le accuse di comportamenti scorretti.

Chi ha ragione? Impossibile dirlo. Non possiamo affermare se ci siano stati o meno comportamenti scorretti dal punto di vista scientifico senza vedere le immagini di western blot nella versione *raw*, non modificata, e senza paragonarle alle versioni pubblicate. Mendell non ha risposto alla richiesta di quelle immagini non modificate, e neanche Sarepta.

Ma i file originali sono anche in altre mani. La FDA li ha, e ottenerli è stata una dura lotta. Dopo lunghe negoziazioni con i miei avvocati, l'agenzia me li ha consegnati la mattina stessa del giorno in cui questo articolo andava in stampa. Rimane da chiarire se le accuse siano effettivamente fondate, ma è evidente che la FDA da parte sua non ha portato la questione all'attenzione dei cittadini; al contrario, quando è stata loro sollecitata una ri-

sposta, i funzionari dell'agenzia hanno negato tutte le accuse di comportamenti scorretti. (Poco dopo l'approvazione dell'eteplirsen, un altro revisore ha affermato che considerava la situazione un caso di «scienza mal fatta», e non esattamente di comportamento scorretto.) E a quanto pare la FDA sta nascondendo altri dati simili: un altro punto in cui dovrebbero apparire le immagini non ancora elaborate è censurato, così come sono censurati lunghi tratti dell'analisi che potrebbe gettare luce sul modo in cui sono stati elaborati i dati. La FDA non ha alcuna intenzione di renderli pubblici.

Perché un'agenzia che cerca di essere più trasparente dovrebbe censurare le prove della sostituzione degli indicatori di esito e perfino nascondere i riferimenti

agli effetti collaterali di un farmaco? Il ragionamento è complesso da spiegare, ma si basa su un principio semplice: la FDA rifiuta di rendere pubbliche queste informazioni perché potrebbero danneggiare Sarepta, il produttore dell'eteplirsen.

La FDA ha affermato che le sezioni rimosse rappresentano «segreti commerciali e informazioni di carattere commerciale o finanziario che sono stati ottenuti da una persona e che sono privilegiati o confidenziali». In questo caso particolare, ciò in genere significa che la divulgazione di quelle informazioni causerebbe «un danno sostanziale in termini di competitività» all'azienda che le ha comunicate alla FDA.

Prima di rendere pubblici i documenti, l'agenzia ha permesso a Sarepta (che è intervenuta nella mia causa contro la FDA) di indicare le parti che sarebbero state da censurare perché secondo l'azienda avrebbero causato quel tipo di danno, o che erano esenti dall'obbligo di pubblicazione per altri motivi. E, ovviamente, Sarepta ritiene che rivelare certi eventi avversi e certi endpoint sarebbe un danno per l'azienda e un vantaggio per i suoi concorrenti. (Per esempio, al momento la posizione di Sarepta è che rivelare gli endpoint usati, e ancor più i risultati dei test, equivarrebbe a dare «informazioni preziosissime ai concorrenti».)

Se l'agenzia non fosse stata d'accordo, se non avesse ritenuto corretta la posizione di Sarepta, avrebbe comunque dovuto, per legge, rendere pubbliche le informazioni, o come minimo trovare un'altra motivazione per le censure. A quanto pare la FDA concorda che in questi casi la pubblicazione delle informazioni provocherebbe un danno all'azienda, e rifiuta di rivelarle.

La questione è tutta qui. La FDA sta bloccando l'accesso a informazioni basilari sull'eteplirsen (censurandone gli effetti collaterali e nascondendo le prove degli indicatori di esito mancanti) perché la pubblicazione di queste informazioni causerebbe un danno a Sarepta. (La FDA si è rifiutata di rispondere a qualsiasi domanda da parte mia sul suo comportamento, menzionando come ragione la causa in corso.) L'interesse dei cittadini a conoscere la verità su un farmaco è secondario rispetto all'interesse a proteggere un'azienda da un danno.

Tutto questo è dannoso per la nostra fiducia nella FDA e nei farmaci che essa autorizza a entrare sul mercato. È assolutamente possibile che non si possa dimostrare alcun comportamento scorretto nella sperimentazione clinica dell'eteplirsen. È assolutamente possibile che ne conosciamo già tutti gli effetti collaterali importanti. È addirittura possibile che gli indicatori di esito censurati o mancanti portino argomenti a favore dell'efficacia del farmaco invece che contro. Ma il fatto che la FDA sia così disposta a considerare quelle informazioni basilari sul comportamento di un farmaco come «segreti commerciali» o «informazioni di carattere commerciale che sono confidenziali» e a impedire alla gente di vederle significa che non avremo mai modo di saperlo. Tutte le decisioni della FDA sono avvolte in un alone di dubbio.

Ed è stato questo, in fondo, a scatenare il crollo delle azioni che è avvenuto alla fine di settembre. Quando la FDA ha reso più semplice la ricerca nel suo database di eventi avversi, gli investitori hanno subito iniziato a frugare nel sistema e vi hanno trovato rapporti spaventosi di morti e di danni, che a loro volta hanno causato una perdita di fiducia in certi farmaci; nel caso di Sarepta, il farmaco in questione era l'eteplirsen. (Nel frattempo il valore delle azioni di Sarepta si è ripreso.) Anche se questi rapporti sugli eventi avversi non erano particolarmente utili per valutare la sicurezza del farmaco, in un mercato dove le informazioni scarseggiano basta un qualsiasi dato nuovo, per quanto frammentario, per sollevare un polverone.

Se la FDA fosse stata più scrupolosa nel servire l'interesse pubblico (condividendo tutte le informazioni sugli eventi avversi, sulla sostituzione degli endpoint e anche sugli indizi di frode) il mercato non si sarebbe affidato così tanto ai dati di difficile interpretazione ricavati dal database di eventi avversi. La gente avrebbe molta più fiducia in una FDA davvero trasparente più che in un'agenzia pronta a definire queste informazioni «segreti commerciali» o «informazioni confidenziali di carattere commerciale» e a nasconderle.

In altre parole, è impossibile fidarsi di un'agenzia che si preoccupa più degli effetti collaterali che un farmaco ha su un'azienda che di quelli che ha su un paziente. ■

PER APPROFONDIRE

Food and Drug Administration, FDA Grants Accelerated Approval to First Drug for Duchenne Muscular Dystrophy, in «FDA News Release», 19 settembre 2016. **www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm521263.htm.**

Measuring Clinical Trial Transparency: An Empirical Analysis of Newly Approved Drugs and Large Pharmaceutical Companies, Miller J.E. e altri, in «BMJ Open», Vol. 7, dicembre 2017. Documenti della FDA sull'eteplirsen (comunicazione dell'autore): **www.accessdata.fda.gov/drugsatfda_docs/nda/2017/exondys51.cfm.**

Interfaccia pubblica del database FDA, Adverse Events Reporting System (FAERS): **https://fis.fda.gov/sense/app/777e9f4d-0cf8-448e-8068-f564c31baa25/sheet/6b5a135f-f451-45be-893d-20aaee34e28e/state/analysis.**

Manipolare una notizia di scienza, Seife C., in «Le Scienze» n. 580, dicembre 2016.

Sulla carta, le grandi riserve marine sono una buona idea. Ma lungo le coste sono necessarie regole più severe per gestire al meglio la pesca e la biodiversità

di Olive Heffernan

Acque

Un banco di pesci in una prateria di alghe kelp nei pressi di Monterey, in California, dove le aree protette sono soggette a controlli rigorosi.

Olive Heffernan è una *freelance* che si occupa di cambiamento climatico, oceani e sostenibilità. È anche *visiting science writer* al Trinity College di Dublino, in Irlanda.

A giugno 2017, parlando al Parlamento canadese a Ottawa, Rodolphe Devillers, professore di geografia alla Memorial University di Terranova, ha ammonito i ministri esortandoli a vietare le attività industriali nelle aree marine protette (AMP), che tutelano le specie che vivono nei mari. Secondo Devillers, se il governo dovesse continuare a gestire le riserve con troppa indulgenza, la rete delle aree marine protette canadesi «difficilmente riuscirà a produrre i benefici che il governo e i cittadini si aspettano». Il giorno precedente, Devillers e altri 14 scienziati avevano inviato a due ministri una lettera che denunciava la debolezza delle azioni messe in atto dal governo del Canada. La lettera era stata inviata anche ai mezzi di comunicazione, trasformando la vicenda in un caso nazionale in poche ore.

Nello specifico, Devillers incoraggiava il Parlamento a non compiere questo errore nel caso del Laurentian Channel, una riserva marina tanto attesa, con una superficie prevista di 11.000 chilometri quadrati tra Cape Breton, nella Nuova Scozia, e Terranova. La riserva, che diventerebbe la più grande del Canada, tutelerebbe tartarughe liuto, squali smerigli, pennatulacee (o penne di mare) e altre specie a rischio, oltre a offrire una base sicura per i mammiferi migranti in pericolo come la balenottera azzurra e la balena franca nord-atlantica.

Una settimana dopo, il 24 giugno, il ministro canadese per la pesca Dominic LeBlanc ha diffuso il piano del governo per il Laurentian Channel, che concedeva alle aziende il diritto di estrarre petrolio e gas nell'80 per cento della riserva e permetteva alle navi di circolare liberamente. Inoltre, la superficie complessiva della riserva era ridotta del 33 per cento, per consentire alle grandi aziende di continuare a sfruttare le sue principali aree di pesca, e il numero di specie vulnerabili protette era sceso da 16 a 6.

In tutto il mondo ci sono oltre 15.000 aree marine protette, e quasi tutte autorizzano attività industriali al loro interno. Addirittura nel celebre parco marino del Great Barrier Reef, in Australia, è possibile pescare squali a rischio di estinzione, come gli squali martello. «Se confrontati alle tutele applicate sulla terraferma, i vincoli per le riserve marine appaiono inutili», lamenta Devillers.

Per essere efficaci, le aree marine protette devono prevedere limitazioni severe, come il divieto totale o parziale di qualsiasi attività (nel secondo caso è permessa solo la pesca su piccola scala per il consumo locale). Attualmente le riserve gestite in questo modo coprono l'1,8 per cento dei mari della Terra.

Gli esseri umani hanno già sfruttato al massimo o in eccesso l'89 per cento delle risorse ittiche mondiali e distrutto molte barriere coralline. Secondo gli scienziati, per salvaguardare una varietà sufficiente di specie marine è necessario tutelare almeno il 30 per cento dei mari tramite la creazione di aree marine protette distribuite in tutto il mondo, possibilmente nei pressi delle aree costiere caratterizzate da un'attività intensa. Un approccio che, applicato in modo corretto, sarebbe assai vantaggioso sia per i mari sia per gli esseri umani. Isolando un'area da qualsiasi attività per un tempo sufficiente, pesci e biodiversità possono rigenerarsi anche in luoghi in cui erano stati decimati, e sempre più pesci, anche di taglia più grande, migrerebbero verso le acque circostanti all'area protetta. Inoltre, una gestione più intelligente delle aree marine potrebbe addirittura aumentare la resilienza degli ecosistemi marini ad altri fattori come inquinamento, riscaldamento globale e acidificazione dei mari.

Attualmente l'obiettivo del 30 per cento appare improbabile. I paesi firmatari della Convenzione sulla diversità biologica del-

IN BREVE

Diversi paesi hanno annunciato la creazione di grandi aree marine protette che potrebbero favorire la prosperità delle specie marine. Molte di queste zone però si trovano in acque in cui la pesca è limitata e le attività dannose sono rare.

I paesi dovrebbero imporre aree di riserva totale o parziale in prossimità delle coste, dove le attività industriali sono più intense. Inoltre sono necessari accordi per le acque internazionali.

La California ha scelto di vincolarsi legalmente ai pareri scientifici sulla tutela delle acque costiere, stabilendo un punto di riferimento per gli altri Stati. E le nazioni hanno raggiunto un modello di accordo per la gestione delle acque internazionali.

Norbert Wu/Getty Images (*pagine precedenti*)

Paul Nicklen/Getty Images

L'apertura di nuove aree marine protette, già inaugurate oppure in programma, contribuirà, per esempio, alla salvaguardia dei pinguini di Adelia nel Mare di Ross, in Antartide.

le Nazioni Unite hanno stabilito di destinare il 10 per cento delle proprie acque ad aree marine protette entro il 2020. Con l'avvicinarsi della scadenza i politici si affrettano a tracciare confini, creando riserve con poche restrizioni come quella del Laurentian Channel. Altre nazioni, tra cui il Regno Unito, hanno creato ampie zone di riserva integrale intorno a territori d'oltremare completamente isolati, come le isole Pitcairn, nell'Oceano Pacifico. Questi luoghi non ospitano grandi attività commerciali o di pesca, e i vantaggi per la tutela ambientale rimangono dubbi. «Stiamo semplicemente rinominando alcune parti di oceano», sostiene Bob Pressey, esperto di pianificazione per la tutela ambientale alla James Cook University, in Australia.

Sembra inoltre che i governi stiano chiudendo le aree protette o spostandone i confini a loro piacimento, nonostante queste aree debbano esistere per almeno un decennio per dare vantaggi concreti. A dicembre 2017 Ryan Zinke, segretario degli interni degli Stati Uniti, ha invitato il presidente Donald Trump ad aprire tre aree marine protette alla pesca commerciale: Northeast Canyons e Seamounts, la riserva di Rose Atoll e le Pacific Remote Islands. L'Australia sta valutando di destinare lo straordinario Coral Sea Marine Park, dove vivono coralli, pesci, tartarughe, uccelli marini e balene, alla pesca commerciale del tonno.

«Qualsiasi ambientalista accoglierà favorevolmente la chiusura di migliaia di chilometri quadrati di oceano, ma viene spontaneo chiedersi se questo serva effettivamente a qualcosa», sostiene Peter Jones, uno studioso di gestione ambientale allo University College di Londra.

Obiettivi complicati

L'istituzione di ampie riserve sulla terraferma da parte dei governi nazionali risale a oltre un secolo fa, a cominciare dallo statunitense Yellowstone National Park, nel 1872. In mare la situazione si è evoluta molto più lentamente; di recente però il fenomeno è progredito più velocemente. Negli ultimi due anni sono state istituite dieci tra le aree marine protette più estese al mondo, alcune grandi come intere nazioni, grazie allo stimolo di obiettivi politici, come quelli sulla biodiversità delle Nazioni Unite. Nel 2016 il presidente Barack Obama ha approvato l'estensione del Papahanaumokuakea Marine National Monument, che tutela le acque che circondano le isole Hawaii nord-occidentali, portandolo a una superficie due volte quella del Texas.

Le grandi aree marine protette, anche nelle zone più remote, possono aumentare la resilienza degli ecosistemi marini. Ma quello che avviene all'interno delle riserve è importante quanto la loro superficie. Oggi l'86 per cento delle aree marine protette del pianeta è confinato in 21 grandi riserve, la maggior parte delle quali si trova in acque tropicali isolate con limitate attività di pesca o di altro genere. Sono poche le aree marine in zone temperate e densamente popolate, afferma Graham Edgar, biologo della conservazione dell'Università della Tasmania, specializzato nell'ambiente marino. Delle oltre 17.000 specie marine studiate di recente, solo 500 hanno oltre il 10 per cento del proprio areale (area geografica di distribuzione) all'interno di un'area protetta.

Per favorire la biodiversità marina sono necessarie aree protette nelle acque costiere di quasi tutti i paesi. Ma i tentativi di designarle in aree sviluppate saranno «assai impopolari», dice Robert Richmond, dell'Università delle Hawaii a Manoa. Solo lo 0,03 per cento delle acque costiere degli Stati Uniti è soggetto a un divieto totale di attività. Meno dell'1 per cento delle acque costiere au-

LE AREE NEL MONDO

I cerchi della vita

I paesi stanno destinando ampi tratti di mare alle aree marine protette (AMP, *cerchi piccoli*). Queste zone limitano le attività industriali a tutela degli ecosistemi. I vincoli più restrittivi riguardano le zone *no-take* (*in giallo*), dove è vietata qualsiasi attività, o quelle *low-take* (la pesca è consentita solo per il consumo locale). Tuttavia, alcune AMP prevedono vincoli meno restrittivi (*in blu*) o di vario genere. Secondo gli scienziati, sarebbe opportuno destinare alle AMP almeno il 30 per cento dei mari (*in rosa*) e istituire un maggior numero di AMP lungo le coste, dove si concentrano le attività. Le dieci AMP più grandi del mondo compongono il 68 per cento delle riserve, e molte di esse si trovano in zone remote.

Dati riguardanti le AMP esistenti, non quelle programmate.

Fonte: MPATLAS, Marine Conservation Institute www.mpatlas.org; dati di novembre 2017

straliane prevede un divieto totale o parziale, mentre nel Regno Unito la percentuale di acque costiere lungo la terraferma con riserva totale è inferiore allo 0,01 per cento. [In Italia le aree marine protette riguardano 228.000 ettari di mare e circa 700 chilometri di costa, N.d.R.]

Naturalmente i paesi hanno bisogno di tratti di oceano da gestire per la pesca. Ma i problemi emergono quando quei posti sono considerati aree marine protette. La situazione è assai grave negli Stati Uniti: nel calcolo totale delle riserve, il paese include regolarmente anche aree che gestiscono una sola attività ittica o di altro tipo. Per esempio, alcuni esperti sostengono che nell'area marina protetta che circonda le Isole Aleutine è vietata solo la pesca a strascico, trascurando il benessere e la biodiversità dell'intera regione. Chiamare questi siti aree marine protette è fuorviante, perché «fornisce un quadro distorto degli sforzi di tutela compiuti a livello nazionale e globale», dice Heather Welch, esperta di conservazione ambientale all'Università della California a Santa Cruz.

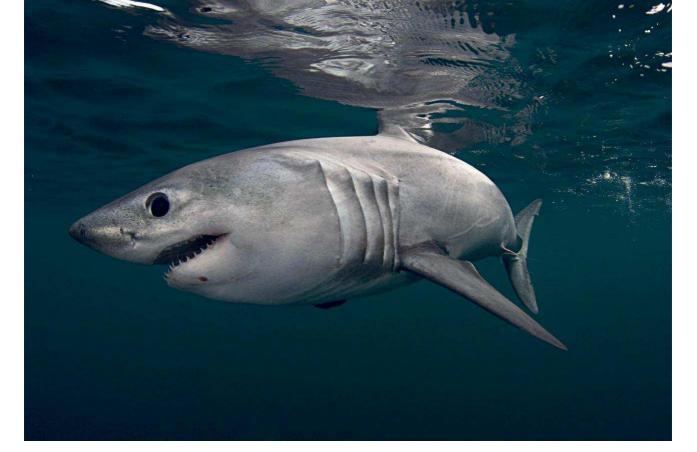
Secondo Welch gli Stati Uniti, unico membro delle Nazioni Unite a non aver ratificato la Convenzione sulla diversità biologica, hanno una classificazione troppo permissiva per le proprie aree marine protette. Se il paese firmasse la convenzione e adottasse la classificazione prevista dall'International Union for Conservation of Nature (IUCN), le sue stime sarebbero più allineate con quelle di altri paesi. Secondo un'analisi effettuata da Welch, gli Stati Uniti sarebbero costretti a declassificare il 28 per cento delle proprie aree marine protette e il 51 per cento delle proprie acque protette.

Altre nazioni ricche, come il Regno Unito, distinguono le aree marine protette da quelle che limitano solo le attività di pesca. Tuttavia molte delle sue aree marine protette sono «deboli», ovvero hanno poche restrizioni. E per il Regno Unito queste acque contribuiscono all'obiettivo del 10 per cento previsto dalle Nazioni Unite entro il 2020.

In parte il problema deriva da un regolamento adottato nel 2008 dall'IUCN, che stabilisce i criteri per le riserve naturali. L'IUCN ha adottato due nuove categorie, sia per il mare sia per la terraferma, che permettono di destinare le riserve allo sfruttamento sostenibile o per scopi multipli. La logica era che quel provvedimento avrebbe aiutato i paesi poveri a mettere in sicurezza una quantità minima di risorse marine senza minacciare la loro dipendenza dai mari per l'approvvigionamento alimentare.

Ma attualmente i paesi ricchi sfruttano queste categorie permissive per creare aree marine protette che siano una vittoria per politici che vogliono apparire interessati alla tutela ambientale, senza dover imporre o applicare divieti all'industria o al pubblico. «Tutto questo inizia a sbiadire il confine tra le aree protette e quelle sfruttate», dice Jones.

Il successo della California

Nonostante le difficoltà, la creazione di aree marine protette nelle zone in cui le persone dipendono dal mare è fattibile. Le leggi internazionali stabiliscono che i paesi controllano l'uso delle risorse provenienti dal mare, dalla pesca all'estrazione del petrolio, all'interno della cosiddetta zona economica esclusiva, che si estende per 200 miglia nautiche dalla linea di costa (370 chilometri). Inoltre, le leggi permettono ai paesi di tutelare queste acque. Negli Stati Uniti la gestione della zona è divisa tra i vari Stati. Nel 1999 il California Marine Life Protection Act ha sancito la creazione di una rete di aree marine protette per salvaguardare le regioni di maggior valore, come quelle nei dintorni di Big Sur e Monterey. Dopo due tentativi falliti, nel 2004 lo Stato ha approvato un'iniziativa per guidare la formazione della rete.

Tra le specie che traggono benefici dalle aree marine protette ci sono anche gli squali smerigli lungo le coste sud-orientali del Canada e le tartarughe liuto tra la Nuova Scozia e l'isola di Terranova.

Doug Perrine/Getty Images (*squalo*); Brian J. Skerry/Getty Images (*tartaruga*)

La legge imponeva di basarsi sui dati scientifici disponibili per identificare le zone adatte alla creazione delle aree marine protette e di coinvolgere nella pianificazione anche i soggetti locali portatori di interesse (*stakeholder*), compresi pescatori, trasportatori e sommozzatori. L'iter, finanziato con 38 milioni di dollari provenienti da una partnership pubblica-privata, è stato portato a termine solo nel 2012. Oggi il 16 per cento delle acque costiere dello Stato (tranne la baia di San Francisco) rientra in una rete di 124 aree marine protette, mentre in tre quinti dell'area c'è il divieto assoluto di qualsiasi attività.

La California sta già raccogliendo i frutti di questa iniziativa. Uno studio del 2015 basato su 13 aree marine protette nella zona delle Channel Islands, al largo della costa di Santa Barbara, ha scoperto che dopo dieci anni sotto tutela le specie pescate nella zona come *Sebastes mystinus* erano aumentate di numero e dimensioni. I pesci inoltre iniziavano a occupare le zone circostanti. Un risultato che gli ambientalisti si augurano di replicare in tutta la California.

Secondo Elizabeth De Santo, esperta di pianificazione marina al Franklin & Marshall College, il successo della California è dovuto all'obbligo legale di adeguarsi ai pareri scientifici e al coinvolgimento degli scienziati durante tutto il processo. Inoltre la California ha considerato le necessità delle comunità locali per garantire vantaggi a tutte le parti coinvolte.

Nel 2009 il Regno Unito ha tentato di imitare questo processo. Questa nazione ha 500 aree marine protette, ma solo due piccole zone con divieto totale di attività di pesca e industria, compresa una situata a Lamlash Bay, in Scozia, di soli 2,6 chilometri quadrati. Il governo ha quindi avviato la pianificazione di una rete di zone marine di conservazione (MCZ, da *marine conservation zone*); dopo una lunga consultazione con gli stakeholder, nel 2011 una commissione scientifica ha identificato 127 siti da proteggere e altre 65 aree in cui vietare ogni attività.

La proposta ha suscitato una veemente opposizione, sia da parte del gruppo industriale Oil & Gas UK, secondo il quale il piano avrebbe interferito con le attività esplorative, sia della Port of London Authority, secondo cui le aree di protezione marina erano state collocate in zone di attività economica, e infine da parte della National Federation of Fishermen's Organizations, che chiedeva maggiori prove scientifiche a sostegno degli interventi in zone particolari.

In base a un recente studio condotto da De Santo, senza l'obbligo legale di seguire la scienza il governo britannico ha ceduto alle pressioni. Delle 127 zone marine di conservazione previste ne sono state approvate solo 50, e attualmente non hanno alcuna gestione. Ogni area marina protetta raccomandata nella pianificazione è stata smantellata.

In Canada i ministri prima consultano gli scienziati per identificare i siti da destinare alle aree marine protette, poi però le

Ardea/AGF

trattative con gli stakeholder commerciali sono condotte a porte chiuse. Devillers si dice «scioccato» dalla logica usata per giustificare alcune attività commerciali nel Laurentian Channel: «Quelle decisioni non erano valide dal punto di vista scientifico».

In alto mare

Nelle acque internazionali esterne alle zone economiche esclusive, il processo politico di creazione delle aree marine protette è ancora in fase embrionale. Sono acque libere per chiunque: la pesca eccessiva è diffusa, e le specie a rischio sono pescate regolarmente. Fino all'anno scorso questa vastissima superficie (pari a due terzi degli oceani del pianeta) non aveva alcuna area marina protetta di grandi dimensioni. Sebbene una manciata di leggi globali regoli attività come l'estrazione mineraria dei fondi marini, non c'è alcuna normativa che tuteli la biodiversità. Inoltre «c'è una relazione molto stretta tra zone di alto mare e regioni costiere», afferma Lance Morgan, presidente del Marine Conservation Institute, un'organizzazione no profit statunitense che punta a creare aree marine protette controllate e permanenti.

Presto però la situazione potrebbe migliorare. A dicembre 2017 è stata inaugurata la prima area marina protetta in acque internazionali, con una superficie di 1,55 milioni di chilometri quadrati. L'area è situata nel Mare di Ross, in Antartide, uno degli ecosistemi più incontaminati della Terra, con una popolazione di 16.000 specie animali come pesci, foche, pinguini e balene. Circa il 72 per cento della riserva sarà chiusa a pesca e industria, mentre in altre sezioni saranno consentite attività limitate a fini scientifici.

Poiché non esiste alcun meccanismo internazionale che possa portare alla creazione di aree marine protette, la riserva è stata istituita grazie a un accordo tra i paesi membri della Convenzione per la protezione delle risorse marine viventi in Antartide, che include l'Unione Europea e altre 24 paesi, tra cui Stati Uniti, Regno Unito, Italia, Russia e Australia. L'accordo «aprirà la strada ad altre aree marine protette in acque internazionali», afferma Devillers, aggiungendo che la riserva «è uno dei pochi esempi di area marina protetta di grandi dimensioni in acque non tropicali».

Ironia della sorte, nell'ottobre 2017 lo stesso gruppo non ha raggiunto un accordo per la creazione di un'area marina protetta simile in Antartide orientale. L'area proposta, rifiutata per il sesto anno consecutivo, tutelerebbe krill, coralli d'acqua fredda e i pinguini di Adelia, che nel 2017 hanno sofferto una grave crisi quando sono sopravvissuti solo due pulcini di una colonia di riproduzione composta da 36.000 adulti.

L'istituzione di altre aree marine protette richiederà nuovi trattati. Gli Stati membri delle Nazioni Unite hanno iniziato a discutere una legge che sperano di mettere nero su bianco già a inizio 2019. Gli scettici osservano che la gestione di ampie superfici in acque internazionali potrebbe essere difficile, un problema che coinvolge le grandi aree marine protette di tutto il mondo. Ma le tecnologie satellitari dovrebbero semplificare monitoraggio e applicazione delle norme, con un notevole miglioramento nella gestione delle riserve in zone remote come quella nel Mare di Ross.

Qualità o quantità?

L'area marina protetta nel Mare di Ross è importante anche perché include obiettivi specifici legati a tutela, protezione degli habitat, monitoraggio degli ecosistemi e gestione delle attività di pesca. Come ha osservato Pressey, quello che importa non è la su-

Reinhard Dirscherl/AGF

Il Great Barrier Reef australiano (*nella pagina a fronte*) e qui accanto uno dei suoi abitanti, il pesce pagliaccio *Amphiprion percula*, circondato da anemoni con cui vive in simbiosi.

perficie di una riserva; in effetti tra i conservazionsti la discussione si sta lentamente spostando dalla quantità alla qualità, un messaggio che Devillers ha cercato di trasmettere nel suo discorso a Ottawa. «Per raggiungere determinati obiettivi, i governi hanno dovuto creare ampie aree marine protette», afferma lo scienziato. «Ora invece vogliamo trasmettere un nuovo messaggio ai governi: la vera sfida è fare la differenza tramite la posizione geografica delle riserve e il livello di protezione che garantiscono».

Ma chi potrebbe fornire indicazioni scientificamente fondate, soprattutto sulle zone costiere che sono importanti dal punto di vista biologico ma anche di interesse per l'industria? Un'opzione, suggerisce Pressey, è che l'IUCN rappresenti la tutela dei mari a livello globale ponendosi al di sopra dei governi, e assuma un ruolo di leadership lungimirante su come e dove creare le AMP.

Anche senza questo mandato, l'IUCN potrebbe contribuire a definire più chiaramente i vari livelli di protezione. Molti esperti affermano che la denominazione «aree marine protette» dovrebbe essere applicata solo se una riserva applica un divieto totale di attività oppure uno parziale attentamente controllato. Invece le zone destinate a un uso sostenibile o a più scopi dovrebbero essere riclassificate come «aree gestite», suggerisce Morgan, il che porrebbe fine alla cortina fumogena politica.

Le Nazioni Unite potrebbero anche richiedere che solo le aree marine protette con divieto totale rientrino nel 10 per cento stabilito come obiettivo per ciascuna nazione entro il 2020, e potrebbero applicare una delle raccomandazioni esistenti, secondo cui le nazioni devono destinare almeno il 10 per cento delle loro acque costiere ad aree marine protette gestite in modo rigoroso, invece di collocarle al largo della costa.

Alcuni biologi marini, come Ray Hilborn dell'Università di Washington, ritengono che invece di concentrarsi sulle aree marine protette i paesi dovrebbero rafforzare la gestione delle attività di pesca per ridurre lo sfruttamento eccessivo, che provoca lo spostamento di intere catene alimentari in tratti di mare non regolamentati come le riserve protette. Tuttavia, i critici sostengono che il controllo delle zone di pesca tramite meccanismi condivisi, come le limitazioni delle attrezzature o le chiusure stagionali, sia insufficiente per tutelare interi ecosistemi, e affermano che gran parte delle zone di pesca del mondo è in declino nonostante siano gestite da diversi anni ormai.

Per diffondere la cooperazione a livello globale, i funzionari di altri paesi affermano che gli Stati Uniti dovrebbero sottoscrivere la Convenzione sulla diversità biologica. Questo li spingerebbe ad adottare i criteri per la creazione di aree marine protette usati dalle altre nazioni, non le definizioni più deboli applicate dagli statunitensi. Secondo Welch, la ratifica della convenzione «potrebbe dare il via a una nuova ondata di aree marine permanenti e del tutto protette».

Nel frattempo le nazioni possono guardare alla California per capire come gestire le aree marine protette anche nelle zone costiere con un'attività intensa. Nonostante evidenti debolezze, anche il parco marino del Great Barrier Reef è riuscito a imporre alcune zone di divieto assoluto lungo tratti di costa, consentendo l'accesso per attività industriali in altre aree meno vulnerabili.

Uno dei vantaggi di cui gode la California è la sua ricchezza, oltre a donatori privati disponibili a finanziare progetti di tutela insieme allo Stato. Un'analisi del 2017 sulle aree marine protette di tutto il mondo pubblicata su «Nature» ha scoperto che le aree con personale qualificato forniscono i migliori risultati in termini di tutela. Ma la gestione del personale per il monitoraggio e l'applicazione delle normative è un'attività costosa; quindi le regioni con risorse limitate devono pensare a qualche alternativa. Palau, un'isola del Pacifico che nel 2015 ha convertito l'80 per cento delle sue acque territoriali in area marina protetta con divieto assoluto, ha usato finanziamenti provenienti dal *crowdfunding* per finanziare in parte creazione e attuazione dell'area.

Le organizzazioni conservazioniste possono svolgere un ruolo positivo dando spazio alle aree marine protette che adottano buone pratiche. Nel 2016 il Marine Conservation Institute ha avviato il Global Ocean Refuge System per mettere in luce le aree più incontaminate e gestite in modo migliore.

Le aree marine protette non possono risolvere tutti i problemi del mare. Tuttavia, se gestite correttamente possono aiutare gli ecosistemi marini fornendo un rifugio sicuro. «Dobbiamo insistere per la creazione di aree marine protette fino a quando la perdita di specie non si sia stabilizzata», conclude Devillers. «È l'unico parametro che possiamo usare». ■

PER APPROFONDIRE

Global Conservation Outcomes Depend on Marine Protected Areas with Five Key Features. Edgar G.J. e altri, in «Nature», Vol. 506, pp. 216-220, 13 febbraio 2014.

Dare to Be Deep: SeaStates Report on North America's Marine Protected Areas (MPAs). Jessen S. e altri, Marine Conservation Institute, 2016.

MPAtlas, Marine Conservation Institute: **www.mpatlas.org.**

Addio alle piattaforme

Da smontare. Piattaforma petrolifera nel Mediterraneo, al largo delle coste della Sicilia. Quasi tutte le piattaforme che nei mari italiani devono essere smantellate in tempi brevi si trovano però in un altro mare, quello Adriatico.

Dopo un breve periodo di interesse dovuto al referendum, gli impianti per l'estrazione di gas e petrolio nei mari italiani sono ricaduti nel dimenticatoio, ma per tante piattaforme sta per arrivare il momento della dismissione

di Alfonso Lucifredi

Poco meno di 140 strutture, due giganti (ENI ed Edison) a gestirle, un referendum abrogativo che ha superato di poco il 30 per cento di affluenza, molti interrogativi sul futuro. Le piattaforme petrolifere nei mari italiani stanno vivendo un periodo cruciale, in cui il loro destino sta prendendo forma. Le strategie da seguire, i costi e soprattutto le scelte operative sul futuro di ogni singolo impianto sono complesse e di non facile interpretazione. Il perché è semplice: riguardano svariati fattori, non solo economici ma anche tecnici, ambientali e sociali. Il referendum, tenutosi il 17 aprile 2016, ha proposto l'abrogazione dell'attuale legge che regolamenta le concessioni per l'estrazione di idrocarburi entro 12 miglia nautiche dalle coste italiane.

Una normativa che, di fatto, estende la durata delle concessioni fino all'esaurimento della vita utile dei giacimenti. Tuttavia, poco più del 31 per cento degli aventi diritto al voto si è recato alle urne, e di conseguenza, non essendo stato raggiunto il quorum, la legge è rimasta invariata.

Al di là dell'esito referendario e di ogni sua interpretazione, la chiamata al voto ha avuto un lato positivo: l'opinione pubblica si è per la prima volta interessata a queste strutture, ormai da tempo parte integrante dei mari italiani, in particolare nell'Adriatico (*si veda l'illustrazione a fronte*). Molte però, referendum o meno, si stanno avviando verso il pensionamento. Alcune hanno più di 30 o 40 anni di vita, ed entra quindi in gioco il *decommissioning*.

Uno dei principali responsabili di queste procedure in Italia è Franco Terlizzese, direttore generale del Ministero dello sviluppo economico e responsabile per la sicurezza delle attività minerarie ed energetiche attraverso la competente direzione generale, la DGS UNMIG. Parlando di queste strutture, rivela come queste abbiano storie diverse e una natura molto differente l'una dall'altra.

«Si tratta in buona parte di strutture classiche – racconta – create a partire dagli anni sessanta. Si è poi avuto il massimo sviluppo negli anni settanta e ottanta. Oggi però le vecchie regole della normativa esistente andrebbero aggiornate alla luce delle nuove conoscenze che abbiamo sull'argomento». Secondo Terlizzese, quello che occorre è un decommissioning intelligente: minor impatto ambientale possibile e valorizzazione di particolari siti. Alcuni di questi impianti, se correttamente gestiti dopo l'attività estrattiva, possono infatti rappresentare un'opportunità.

D'altra parte, la complessità delle implicazioni di natura tecnica e giuridica è un aspetto fondamentale nel processo decisionale per la selezione della soluzione migliore. Per legge le strutture devono essere costantemente controllate. Enti accreditati verificano a intervalli regolari ed emettono certificati di qualità, che garantiscono che la struttura è in perfetto stato di manutenzione e può funzionare in sicurezza. Dato lo stato di salute obbligatoriamente buono delle piattaforme, quando un giacimento si esaurisce bisogna valutare se è più conveniente rimuovere la struttura oppure no. «La nostra Direzione Generale sta lavorando insieme a partner di eccellenza allo sviluppo di metodi e strumenti che consentano di individuare le opzioni alternative per il decommissioning e i criteri di selezione rilevanti per la decisione», osserva Terlizzese.

Come vengono dismesse

Il decommissioning può prevedere una rimozione completa o parziale della piattaforma, mentre in rari casi l'intera struttura può essere riconvertita ad altri impieghi. La scelta dipende da svariati fattori: dimensioni ed età dell'impianto, stato di conservazione, rischi ambientali, eventuali problematiche tecniche, profondità delle acque e distanza dalla costa e, ovviamente, l'economicità dell'eventuale progetto di riutilizzo parziale o totale. Nel caso di rimozione parziale sono le parti sommitali della piattaforma, mentre la struttura costituita dai piloni di sostegno viene lasciata sul posto, tagliandola a una profondità che garantisca la sicurezza del traffico marittimo di superficie, oppure adagiata sul fondo per creare una sorta di substrato artificiale per la vita marina. In certi casi la parte basale della piattaforma, una volta rimossa dal fondo, è trainata in un'area più idonea con rimorchiatori.

Anche le procedure di taglio possono variare sensibilmente: si possono usare materiali abrasivi mischiati a un getto d'acqua ad alta pressione, taglio manuale da parte di sommozzatori o di robot subacquei comandati in remoto (ROV), macchinari di dimensioni più o meno grandi dotati di seghe diamantate e via dicendo. Gli stessi ragionamenti vanno applicati alle condutture sottomarine: bisogna valutare caso per caso se rimuoverle completamente o lasciarle in parte (comunque bonificate) dato che possono causare un danno alla natura sottomarina.

Una volta terminate le procedure di smantellamento, i materiali di scarto possono avere destini differenti. In certi rari casi le strutture possono essere sfruttate per un altro sito, quando progettate in una logica di economia circolare. Più frequentemente c'è un riutilizzo parziale di apparecchiature per il trattamento del greggio o del gas, o un semplice smaltimento dei materiali originari, che può rivelarsi proficuo se sono in buono stato di conservazione.

Gli aspetti più interessanti del processo riguardano però le strutture che possono essere riconvertite per altre finalità: sono in corso studi di fattibilità sul loro riuso per la produzione di energia fotovoltaica, eolica, da moto ondoso o anche per la loro riconversione in osservatori ambientali per misurazioni di sottosuolo o ricerche sull'ambiente marino. Inoltre, usando rilevatori di tipo geofisico nei pozzi, è possibile misurare la sismicità in mare. Le piattaforme possono anche servire come laboratori per fare misurazioni dei parametri delle acque, in particolare degli elementi inquinanti, e per osservare cetacei, fauna ittica, fauna marina ed ecosistemi che si formano davanti alla piattaforma. Ancora, alcune potrebbero essere suscettibili di impiego in attività economiche come acquacultura o distribuzione del GNL direttamente in mare. «Di queste cose – osserva Terlizzese – si sta attualmente discutendo ai tavoli tecnici con tutti gli *stakeholder* e con il Ministero dell'ambiente in incontri tecnici di approfondimento».

La situazione italiana

In Italia le piattaforme sono state installate dalle compagnie petrolifere, con loro risorse economiche, in aree assegnate in concessione. Giuridicamente costituiscono delle pertinenze: lo Stato è il proprietario delle risorse del sottosuolo e ha il diritto e il do-

Alfonso Lucifredi è un naturalista e giornalista scientifico. Il suo ultimo libro è *Alla scoperta della vita. Le grandi rivoluzioni delle scienze naturali* (Hoepli, 2017).

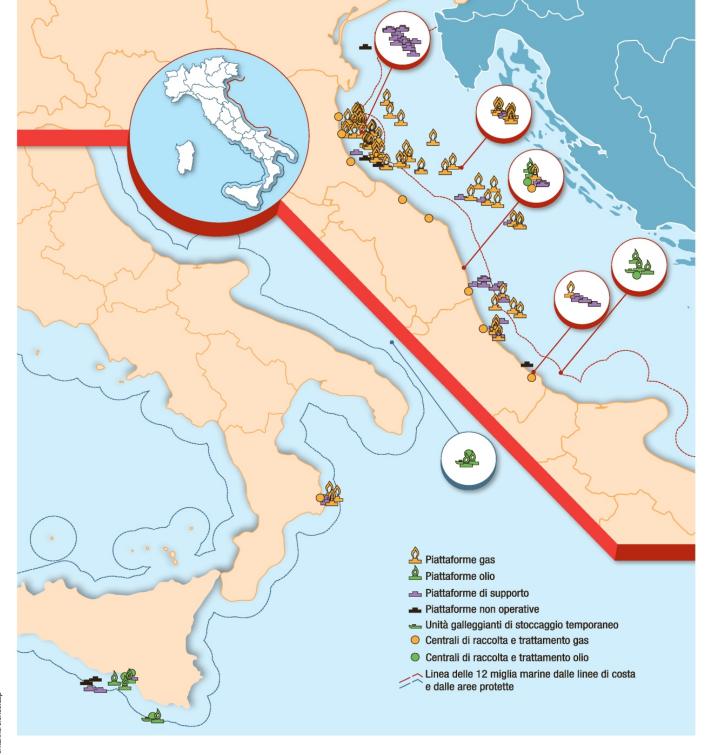
IN BREVE

Nei mari italiani ci sono poco meno di 140 piattaforme per l'estrazione di gas e di petrolio, e molte vanno verso il pensionamento.

Se il destino di gruppo è segnato, così non è per i singoli. La scelta tra smantellamento e recupero, per esempio per la produzione di energia rinnovabile o come osservatori ambientali, andrà valutata per ogni piattaforma in relazione a dove si trova e alla fauna interessata.

A fronte di una letteratura scientifica spesso contraddittoria, sarà necessaria anche una strategia di comunicazione adeguata.

Alberto Incrocci/Getty Images (*pagine precedenti*)

Danilo Sossi (*grafico*); fonte dati: http://unmig.mise.gov.it/unmig/strutturemarine/elenco.asp

vere di consertirne lo sfruttamento se il giacimento è ancora produttivo. «Se invece il giacimento si esaurisce – osserva Terlizzese – lo Stato prende atto della conclusione dell'attività e il manufatto non è più una pertinenza ma diventa mero ferro, con onori e oneri delle società». Quelle strutture che stanno producendo non possono essere rimosse o asportate, e la società ne può disporre liberamente perché sono funzionali all'estrazione degli idrocarburi. Se a un certo punto per esempio la società fallisce, lo Stato conserva la piattaforma, garantendone il passaggio a un altro concessionario. Se invece il ciclo produttivo del giacimento si conclude, la società che ha estratto gli idrocarburi anche con proprio guadagno deve smantellare le infrastrutture che ha usato per l'attività estrattiva usando i fondi che ha accantonato, e che è obbligata ad accantonare, per dismetterla e restituire i luoghi allo stato in cui li ha ricevuti. Questo è un sistema tipico del settore minerario.

Le piattaforme di cui si deve effettuare lo smantellamento in tempi brevi sono quasi tutte in Adriatico. Pietro Cavanna, ingegnere e presidente dell'associazione di categoria Assomineraria per il settore idrocarburi, racconta di come la dismissione di questi impianti in Italia non sia certo nulla di nuovo. «In Italia – racconta – oggi abbiamo 136 impianti operativi, mentre 49 sono già stati dismessi in passato. In certi casi si sono avute riconversioni complete, come per esempio per la vecchia piattaforma Paguro nei mari di Ravenna, che oggi è un'oasi di ripopolamento per la fauna marina».

Le dimensioni, in queste operazioni, contano eccome. Nei mari italiani le piattaforme hanno estensioni mediamente limitate, anche per la scarsa profondità del Mar Adriatico, dove risiede la maggior parte di questi impianti. La struttura più grande, denominata Vega A, si trova a 12 miglia dalle coste meridionali del-

la Sicilia. Con le sue 26000 tonnellate di peso in un fondale di 120 metri d'acqua rappresenta un caso eccezionale, comunque ben lontano dai giganti che si possono trovare nel Golfo del Messico o nel Mare del Nord. Generalmente le strutture operanti in Italia hanno dimensioni molto più limitate.

Nelle operazioni di smantellamento delle infrastrutture a mare, oltre che tener conto della sicurezza e della protezione dell'ambiente, occorre considerare aspetti economici e di disponibilità dei mezzi navali idonei allo scopo. Per queste operazioni occorrono navi appoggio, pontoni con sistemi di sollevamento di migliaia di tonnellate (per esempio la nave gru Saipem 7000, che vanta una portata totale di 14.000 tonnellate) e altri mezzi speciali.

Gli studi su *Mytilus galloprovincialis*

Un primo, interessante esempio di impiego delle piattaforme per scopi scientifici viene dall'insolita collaborazione tra una compagnia petrolifera, Edison, e un centro di ricerca, l'Istituto zooprofilattico sperimentale dell'Abruzzo e del Molise «G. Caporale» di Teramo (IZSAM).

Domenico Richiusa, ingegnere di Edison, racconta come è iniziata la collaborazione. «Nel 2013 l'istituto ha chiesto di installare un mini-laboratorio su una piattaforma del campo Rospo, situato al largo delle coste del Molise, a circa 12 miglia da Termoli; il complesso è costituito da tre piattaforme e un'unità galleggiante. Sulla piattaforma principale "Rospo mare B" è stato realizzato il mini-laboratorio, dove sono stati usati molluschi bivalvi della specie *Mytilus galloprovincialis*, vale a dire le comuni cozze, organismi estremamente sensibili alle variazioni della qualità dell'acqua marina.

Nel 2013 l'IZSAM ha partecipato come *External Expert* dell'Agenzia regionale per la protezione ambientale (ARPA) del Molise a un progetto pilota di monitoraggio delle acque costiere nell'ambito del progetto Shaping an Holistic Approach to Protect the Adriatic Environment between coast and sea (SHAPE). Al progetto partecipavano sia le regioni adriatiche italiane sia quelle straniere di Albania, Montenegro, Bosnia-Erzegovina, Croazia e Slovenia. L'obiettivo è stato lo sviluppo di un sistema di monitoraggio biologico in grado di rilevare criticità ambientali in aree marine del bacino Adriatico centro-meridionale, spesso poco indagato. In questo modo è nata la collaborazione con la società che ha in concessione il giacimento.

Il sistema usa otto esemplari di *Mytilus galloprovincialis*, prelevati da un impianto di acquacoltura off-shore molisano. È installato all'interno di un circuito idraulico che raccoglie acqua marina direttamente sotto la piattaforma, a una profondità di 3 metri.

In condizioni normali l'apertura delle valve è necessaria ai molluschi per la respirazione e l'alimentazione. In condizioni ambientali avverse, invece, i mitili possono modificare il loro normale comportamento in vario modo: chiudere le valve per un determinato periodo, aumentare la frequenza di apertura e chiusura, ridurre il valore medio di apertura. Questi cambiamenti, rilevati da sensori incollati sulle valve, possono generare allarmi di vario tipo. I segnali sono poi elaborati e inviati via Internet direttamente dalla piattaforma al laboratorio di Termoli dell'IZSAM.

Come mai proprio le cozze? «La nostra investigazione – osserva Nadia Barile dell'IZSAM – ha riguardato la messa a punto di un sistema biologico di preallarme in un sito che finora non era mai stato monitorato usando questi organismi». Questo sistema, che è un marchio registrato, è stato invece ampiamente sfruttato in Nord Europa per la valutazione della qualità delle acque interne. Per esempio è stato sperimentato per le attività di sorveglianza lungo l'asta fluviale del Danubio.

«Questi sistemi biologici di preallarme usati nei biomonitoraggi – prosegue Barile – sono diversi dai classici studi in cui si preleva l'acqua e poi la si analizza in laboratorio: così si hanno dati continui e in tempo reale». Si tratta, ovviamente, di sistemi di *screening* che non permettono di conoscere la natura dell'inquinante, ma danno indicazioni su eventuali modifiche dell'ambiente. I dati forniti dal sistema sono integrati dai valori dei parametri chimico-fisici dell'acqua (pH, salinità, temperatura, torbidità e ossigeno) rilevati da una sonda collocata sulla piattaforma.

Nelle acque circostanti l'impianto le concentrazioni di piombo, mercurio e cadmio si sono rivelate tutte ben al di sotto dei limiti ammessi per legge. Per quanto riguarda il rame, invece, si sono trovati valori insolitamente alti, ma comunque paragonabili a quelli rilevati in campioni d'acqua prelevati in zone distanti dalla piattaforma e in prossimità del porto di Vasto, in provincia di Chieti. Su questi risultati sono state fatte varie ipotesi e non si possono escludere fonti a terra o attività antropiche come il porto.

Barile spiega perché questo studio potrebbe rivelarsi importante: «Qualsiasi attività umana è in qualche modo impattante, pertanto l'uso di un sistema biologico di preallarme rapido, per il monitoraggio continuo e *on line* dell'acqua di mare, risulta fondamentale per rilevare eventuali alterazioni ambientali».

Il progetto, nato per durare 6-7 mesi, va ora avanti da più di tre anni e sta fornendo un utile e approfondito registro storico di dati sui cambiamenti ambientali nelle acque circostanti la piattaforma. La speranza è che diventi un modello da seguire.

Il problema della comunicazione

Di recente Gianluca Sarà, professore ordinario di ecologia dell'Università di Palermo, e Maria Cristina Mangano, ricercatrice dello stesso ateneo, hanno pubblicato sul «Journal of Environmental Management» un interessante studio di sintesi dell'informazione che ha interessato direttamente gli impianti off-shore di estrazione di idrocarburi. La pubblicazione risponde all'esigenza di trasmettere dati della ricerca agli *stakeholder* (i soggetti por-

I COSTI

Smantellare una piattaforma

La stima dei costi di abbandono delle infrastrutture off-shore varia in funzione della profondità del mare in cui sono ubicate, della tipologia della piattaforma (monotubolare o con 4,6 o 8 gambe), delle sue dimensioni, dell'ingombro e della complessità degli impianti presenti sul deck, il ponte.
Indicativamente, il decommissioning di una piattaforma monotubolare con profondità compresa tra 10 e 30 metri prevede 10 giorni di lavoro e un costo di circa 3 milioni di euro; impianti con 4-5-6 gambe e una profondità compresa tra 30 e 80 metri richiedono 40 giorni di lavoro e 20 milioni di euro; infine, la dismissione di una piattaforma a 8 gambe (profondità compresa tra 80 e 150 metri) impiega 60 giorni di lavoro e circa 30 milioni di euro.
I costi sopra indicati rappresentano comunque una stima approssimativa, con una variabilità di più o meno il 40 per cento, e dipendono dal valore di mercato dei servizi al momento dell'esecuzione del lavoro.

chain45154/Getty Images

tatori di interessi) e ai *decision maker* (i soggetti investiti del potere decisionale) per attivare il cosiddetto *science policy nexus*, il legame tra evidenza scientifica e potere decisionale dei manager e la capacità del pubblico e degli stakeholder di farsi un'idea. «L'abbiamo inventata e chiamata *minimal informational threshold*, soglia minima informativa, che possa in qualche modo attivare una capacità decisionale o discriminante nei confronti dei problemi ambientali», osservano Sarà e Mangano. «Esiste sicuramente uno scollamento tra chi si occupa di scienze, produttori di evidenze, con le persone che poi vanno a votare. Credo che questa cosa sia soprattutto legata a noi scienziati, che non siamo in grado di produrre un'informazione che sia realmente fruibile».

L'articolo è nato anche grazie al *feedback* dei ragazzi delle lauree triennali, che non capivano quale fosse la posizione della ricerca scientifica, basata sulle prove, riguardo al decommissioning e alle questioni riguardanti l'allungamento delle concessioni poste dal referendum.

Il ragionamento è usare strumenti di comunicazione partecipativa o *media* di varia natura che vanno dalle vignette ai cartoni animati, fino a molti altri mezzi di comunicazione immediata per spiegare in un modo semplice i contenuti della ricerca. L'interesse è fornire informazioni in un formato che possa essere facilmente accessibile al grande pubblico ed evitare che rimangano «racchiuse» nella letteratura scientifica, incomprensibili ai più.

Il problema della scarsa comprensibilità della letteratura scientifica è emerso prepotentemente nel caso del referendum, anche per un motivo strettamente legato al tema affrontato. In questo periodo storico gli ecologi marini dispongono di una grande quantità di informazioni sulle piattaforme che, per alcuni aspetti, sono altamente contraddittorie: in linea di massima una struttura che è rimasta trent'anni o anche quarant'anni sott'acqua ha un forte potenziale di attrazione per la fauna. Questo avviene in particolare in posti remoti, lontani dalla costa, dove non c'è un'aggregazione specifica di organismi. Qualcuno ha addirittura usato in letteratura il termine di «*hotspot* di biodiversità» per gli impianti off-shore. Spesso queste piattaforme sono chiamate *artificial reef* dai biologi, vere e proprie scogliere artificiali che, con tutti i pro e i contro, possono in qualche modo portare giovamento al luogo dove si trovano.

Il problema è che non si può fare di tutta l'erba un fascio, nel senso che ogni piattaforma ha una storia a sé. Non solo la singola piattaforma, ma proprio l'ambiente circostante, il mare dove è ubicata e la fauna che può interessare. Come conseguenza vi sono certo grandi vantaggi: queste piattaforme sono posti che richiamano fauna e flora, vita, biota marino in genere. Incrementano in qualche modo la complessità e l'eterogeneità dell'habitat. Dall'altra parte il Mediterraneo, e soprattutto il centro Mediterraneo, può attrarre, grazie alle *ballast water* (le acque di zavorra delle navi) e a una serie di canali di introduzione, numerose specie invasive. In questo modo le piattaforme fanno da hotspot per la biodiversità endemica, ma anche per le specie alloctone.

Altro aspetto da non sottovalutare è il fatto che le modifiche locali create dalle piattaforme possono combinarsi con altri fattori di stress di tipo globale, per esempio incremento della temperatura o fenomeni di acidificazione, amplificando così i potenziali effetti negativi sull'ambiente. «Però su tutti questi aspetti – prosegue Sarà – c'è una letteratura che al giorno d'oggi può essere considerata contraddittoria. È contraddittoria perché si tende sempre a generalizzare. Quello che a mio avviso manca è il monitoraggio delle condizioni attuali e, non conoscendo qual era la *baseline* della biodiversità e delle condizioni d'habitat quando sono state messe le piattaforme quarant'anni fa, oggi non è effettivamente possibile affermare che togliendo la piattaforma si risolva il problema».

Mancano dati su una condizione che in inglese viene chiamata *pristine*, ovvero di naturalità preesistente. Probabilmente l'atteggiamento migliore è cercare di inquadrare ogni singola piattaforma all'interno della situazione locale in cui è stata costruita, e individuarne il ruolo effettivo nell'ecosistema. Dopodiché si può decidere se fare il decommissioning.

Un monitoraggio delle attuali condizioni permetterebbe di applicare un protocollo che gli anglosassoni chiamano di *tailoring*, cioè ritagliare per ogni singola piattaforma un'azione di gestione, di management, che sia specificamente adattata e adattabile a quella particolare condizione.

«Questo sarebbe – conclude Sarà – un atteggiamento molto più maturo, molto più moderno, che si basa sulle prove scientifiche. È la stessa cosa che si fa anche per il cambiamento climatico e che ci darà la possibilità di lasciare sul posto alcune piattaforme, mentre altre dovranno essere dismesse».

In generale, maturità dovrà essere la parola d'ordine per affrontare al meglio queste tematiche: interazione e dialogo tra le parti, fornitura di dati scientifici dettagliati e comprensibili da parte dei ricercatori, sensibilità alle tematiche ecologiche e, soprattutto, ragionare caso per caso. Perché si tratta di un argomento che riguarda un bene comune prezioso e insostituibile, i nostri mari. ■

PER APPROFONDIRE

Energy Systems and Their Impacts on Marine Ecosystem Services. Papathanasopoulou E., Beaumont N., Hooper T., Nunes J., Queirós A.M., in «Renewable and Sustainable Energy Reviews», Vol. 52, pp. 917-926, agosto 2015.

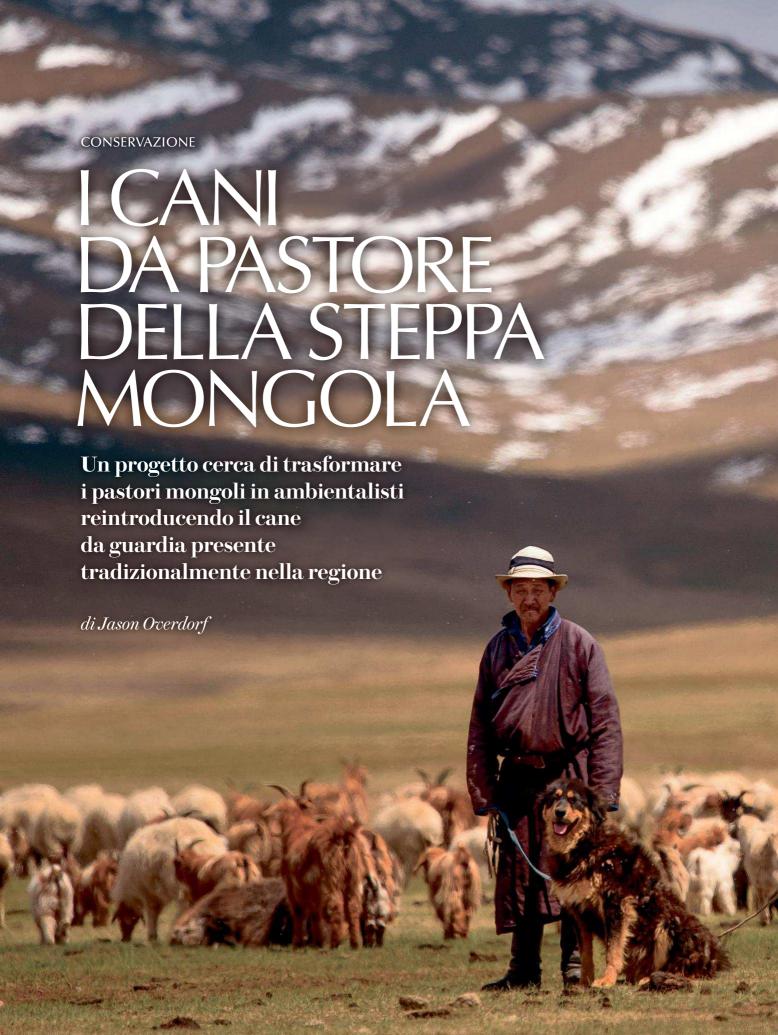
An Ecotoxicological Protocol with Caged Mussels, *Mytilus galloprovincialis*, for Monitoring the Impact of an Offshore Platform in the Adriatic Sea. Gorbi S., Virno Lamberti C., Notti A., Benedetti M., Fattorini D., Moltedo G., Regoli F., in «Marine Environmental Research», Vol. 65, pp. 34-49, luglio 2008.

Collating Science-Based Evidence to Inform Public Opinion on the Environmental Effects of Marine Drilling Platforms in the Mediterranean Sea. Mangano M.C., Sarà G., in «Journal of Environmental Management», Vol. 188, pp. 195-202, dicembre 2016.

CONSERVAZIONE

I CANI DA PASTORE DELLA STEPPA MONGOLA

Un progetto cerca di trasformare i pastori mongoli in ambientalisti reintroducendo il cane da guardia presente tradizionalmente nella regione

di Jason Overdorf

A due giorni di automobile da Ulaanbaatar, la capitale della Mongolia, a 160 chilometri dal confine della Mongolia con la Cina, la frastagliata striscia marrone delle pendici dei monti Altai taglia a metà le praterie del Gobi meridionale.

Jason Overdorf, scrittore *freelance*, vive a Nuova Delhi, in India.

1

Questa terra di lupi affamati e di leopardi delle nevi, nonché di inverni brutali, rende dura la vita di pastori come il cinquantasettenne Otgonbayar, un nomade segnato dalle stagioni che dalla sella di una motocicletta cinese accudisce il suo gregge di un migliaio di capre *cachemire* e una ventina di pecore.

«I lupi sono stati tremendi, quest'inverno», dice Otgonbayar un giorno di primavera del 2016 mentre sua moglie fa girare tra i presenti una ciotola ammaccata di alluminio piena di caramelle russe e cubetti di zucchero. «Non fosse stato per il mio cane, le perdite sarebbero state molto più serie». Solo pochi giorni prima i lupi avevano ucciso quattro suoi animali; in una stagione tipica se ne portano via 50 o anche più.

A partire dagli anni novanta, per compensare le perdite di capi di bestiame dovute ai predatori e al tempo inclemente, i pastori come Otgonbayar hanno aumentato le dimensioni delle greggi, con un conseguente sfruttamento eccessivo dei pascoli che ha portato la steppa nel bel mezzo di un circolo vizioso di espansione delle greggi e degrado ambientale. Oggi però Bruce Elfström, un biologo statunitense diventato imprenditore, lavora insieme ai pastori per rompere il circolo, reintroducendo uno strumento sviluppato migliaia di anni fa: un cane tradizionalmente usato per la guardia e la custodia delle greggi noto come *bankhar* (o *banhar*). «L'idea era di trovare i cani di una volta, i cani dei loro nonni, per poi farli riprodurre e restituirli alle persone, con il seguente obiettivo: senza la paura dei predatori, i pastori non alleveranno più così tante capre e smetteranno di trasformare la steppa in un deserto», dice Elfström.

Un fallimento collettivo

Prima che la Mongolia abbandonasse il comunismo, negli anni novanta, le regole socialiste limitavano il numero di animali che i pastori potevano allevare. Le norme impedivano uno sfruttamento eccessivo dei pascoli con un sistema di rotazione e il governo assicurava che i pastori delle terre più remote potessero vendere nei mercati carne e lana di propria produzione. Durante la transizione del paese a un'economia di mercato, questo schema fu smantellato. Il governo privatizzò le greggi, tuttavia i pascoli restarono terreni comuni. Questo incoraggiò i pastori ad allevare più animali, senza che ci fosse alcun incentivo per la salvaguardia dell'ambiente. Allo stesso tempo la crescita della confinante Cina portò a un aumento della domanda di cachemire, come spiega Zara Morris-Trainor, dottoranda all'Università di Aberdeen, in Scozia, che studia l'impatto del commercio sui leopardi delle nevi della Mongolia.

Nel 1991 il collasso dell'Unione Sovietica, che causò un crollo vertiginoso dei commerci bilaterali con la Russia, rese la Mongolia più dipendente dalla Cina. Quasi dall'oggi al domani, nomadi che avevano tradizionalmente allevato mandrie miste di cammelli, capre, cavalli, pecore, buoi e yak cominciarono ad aumentare le dimensione delle greggi, con un numero sempre più grande di capre

IN BREVE

In Mongolia predatori e cambiamenti climatici hanno spinto i pastori di capre ad aumentare la dimensione delle greggi, causando uno sfruttamento eccessivo dei pascoli.

Il cane da pastore tradizionale della regione, reintrodotto da un apposito progetto, può costituire un deterrente per i predatori, incoraggiando i pastori a ridurre la dimensione delle greggi.

Finora i cani sembrano essere molto efficaci nel prevenire le perdite di bestiame, tuttavia è stato difficile trovare famiglie adatte disposte ad adottarli.

Fotografie di Soyolbold Sergelen

Riportare in auge i bankhar, i cani da pastore indigeni della Mongolia (*1*), potrebbe ridurre il numero di capre uccise dai leopardi delle nevi e dai lupi, aiutando a proteggere questi predatori in pericolo e la steppa mongola (*2*).

produttrici di cachemire, più dannose per il suolo a causa dei loro zoccoli acuminati che incidono sulla crosta biologica che previene l'erosione del vento. Nel 1996 le capre, storicamente meno di un quinto del bestiame, erano circa un terzo dei 29 milioni di animali da pascolo allevati dai pastori mongoli. Nel 2015 la popolazione di capre ammontava a quasi 24 milioni di esemplari su un numero complessivo di 56 milioni di capi.

L'espansione del deserto mongolo è stata proporzionale a questo aumento. Dal 1996, anno in cui la Mongolia ha aderito alla Convenzione contro la desertificazione delle Nazioni Unite, la percentuale di territorio nazionale gravemente colpita dal fenomeno si è più che triplicata: oggi il deserto occupa 260.000 chilometri quadrati, ossia circa un sesto del territorio complessivo. Secondo una ricerca del 2013 della Oregon State University, le mappe satellitari della vegetazione mostrano che l'80 per cento dei danni risulta da uno sfruttamento eccessivo dei pascoli.

All'incirca nello stesso periodo, una caccia incontrollata e la distruzione degli habitat hanno provocato la morte del 75-90 per cento degli animali da preda. Il loro crollo ha costretto lupi e leopardi delle nevi a nutrirsi delle greggi dei pastori, anche quando le sempre più frequenti tempeste invernali conosciute come *dzuds* hanno periodicamente ucciso milioni di capi di bestiame. Privi di altre forme di assicurazione, i nomadi hanno fatto da sé: nei momenti favorevoli hanno ampliato le greggi, nella speranza di avere ancora qualche animale vivo in primavera; nei tempi di magra hanno cercato di proteggere il bestiame confinandolo in aree più piccole. Entrambe le reazioni hanno tuttavia acuito il problema della desertificazione.

A peggiorare ulteriormente la questione, essendo impotenti di fronte alla siccità, alla neve e ai cambiamenti climatici, molti pastori hanno rivolto tutto il proprio risentimento contro i predatori. È difficile ottenere statistiche affidabili del numero di animali uccisi, ma addirittura il 14 per cento dei pastori mongoli intervistati per uno studio del 2002 ha ammesso di aver ucciso leopardi delle nevi per vendicarsi della morte del bestiame. Ancora oggi gli esperti includono le uccisioni per rappresaglia tra le principali minacce che attentano alla vita dei grandi felini, racconta Bayarjar-

gal Agvaantseren, direttore dell'organizzazione che in Mongolia è partner dello Snow Leopard Trust. Anche i lupi sono nel mirino dei nomadi, secondo Agvaantseren: «Nel caso dei lupi, in alcune aree ci sono ancora cacce annuali organizzate dai governi locali». In Mongolia, gli ambientalisti temono per il futuro di entrambe le specie.

Cani da salvataggio

Elfström crede di poter essere di aiuto. Nel 2013 ha definito un programma per ridurre le perdite di bestiame, e di conseguenza incoraggiare il sostegno alla protezione dell'ambiente: si tratta di reintrodurre l'uso del bankhar, un grosso cane di montagna nero e marrone. Il Mongolian Bankhar Dog Project ha costruito un centro di allevamento e addestramento vicino a Ulaanbaatar e ha assegnato i cani a nomadi che sentono in particolar modo la pressione dei predatori. Otgonbayar è stato uno dei primi partecipanti al programma. «L'obiettivo consiste nel trasmettere quello che stiamo facendo direttamente ai mongoli, in modo da avere centri di allevamento in tutto il paese», afferma il cinquantunenne Elfström.

Un tempo i bankhar erano diffusi in tutta la steppa mongola. Il saluto tradizionale mongolo è «tieni stretto il tuo cane», proprio in riferimento al loro aspetto temibile. I cani sono gli unici animali che i mongoli ritengano degni di avere un nome. Numerosi miti e leggende popolari, compreso il mito delle origini che fa risalire la nascita di Gengis Khan all'accoppiamento tra un lupo azzurro e un daino, confermano che tradizionalmente i nomadi credevano che i mongoli e i loro cani fossero «fatti della stessa pasta», come fa notare l'antropologo Gaby Bamana, attualmente *visiting researcher* all'Università di Groeningen, nei Paesi Bassi.

I bankhar sono adattati alle sfide della steppa, dove le temperature arrivano a quasi 40 gradi d'estate e precipitano a –45 in inverno

Tuttavia, nonostante la loro importanza culturale, i bankhar di razza pura sono per lo più scomparsi durante l'epoca del comunismo. Simbolo di indipendenza, questi cani fieri e territoriali non erano adatti all'ideologia dei tempi, né alle necessità pratiche di pascoli di proprietà statale, che permettevano ai pastori di tenere come proprietà privata solo sette animali pro capite. Negli anni trenta a Mosca scoppiò addirittura una breve mania per la pelliccia di bankhar. In aggiunta, la diversità del pool genetico che riguarda la popolazione indigena dei cani da pastore mongoli è stata impoverita dall'incrocio tra bankhar e altri cani; fra questi, i pastori tedeschi che negli anni quaranta sopraggiunsero in massa durante la difficile costruzione della ferrovia transiberiana e i cani da guardia e da compagnia di oltre 100.000 militari russi che negli anni sessanta si trasferirono in Mongolia. Oggi è difficile trovare bankhar che non siano stati incrociati con razze straniere, cosa che può ridurne l'efficacia come protettori dei capi di bestiame a causa della reintroduzione di tratti tipici dei predatori che gli allevatori promuovono in cani come il pastore tedesco.

Anche le competenze necessarie per allevare bankhar efficaci scarseggiano. Gli stessi programmi di collettivizzazione che ne scoraggiarono l'uso ebbero come conseguenza la perdita di gran parte del sapere tradizionale. Oggi pochi dei pastori le cui famiglie hanno occupato la steppa per generazioni sanno come allevare cani da guardiania.

Ma allora perché Elfström vuole rilanciare il bankhar? I cani da guardiania sono ancora comuni in altre parti del mondo, dal cane da pastore del Caucaso (*ovcharka*) al cane da pastore dell'Anatolia in Turchia al cane da montagna dei Pirenei in Occidente. Perché non limitarsi a importare in Mongolia queste razze?

Una prima ragione è biologica. Come gli antenati degli altri cani da pastore, il bankhar non è stato creato grazie agli incroci attenti che hanno portato a razze moderne come l'alano o il golden retriever, ma si è evoluto con una combinazione di selezione naturale e artificiale: gli esemplari migliori sopravvivevano, mentre i nomadi non nutrivano quelli inutili e abbattevano quelli che cacciavano o uccidevano il bestiame. Ne è risultato un cane creato appositamente per proteggere i greggi in condizioni difficili.

Con un'altezza al garrese variabile fra 66 e 84 centimetri e un peso che va da 36 a 57 chilogrammi, i bankhar sono estremamente ben adattati alle sfide della steppa, dove le temperature possono schizzare a quasi 40 gradi d'estate e precipitare a –45 durante l'inverno. Il pelo folto e arruffato, al tatto quasi altrettanto fine del cachemire, ha un doppio strato; quello alla base protegge i cani dal freddo d'inverno e cade durante l'estate, quando a volte scavano tane sotterranee per sfuggire al calore. I bankhar, inoltre, hanno bisogno di meno cibo rispetto ad altri cani da guardiania di taglia simile, forse perché, come suggerisce Elfström, hanno evoluto un metabolismo più lento; particolare importante in una regione dove molte famiglie hanno poco da risparmiare.

Sono però stati i motivi culturali, più che quelli biologici, a far pendere l'ago della bilancia a favore della scelta di Elfström di reintrodurre il bankhar anziché importare un cane simile, come il pastore del Caucaso che prospera nei climi estremi di tutta l'Asia centrale. Decenni di ingerenze sovietiche hanno reso i mongoli diffidenti nei confronti dei consulenti stranieri, e i pastori sono particolarmente scettici relativamente al fatto che una manciata di statunitensi che non sembra in grado di distinguere una capra da una pecora possa insegnare loro qualcosa. Il cane da pastore della Mongolia, però, ha ancora un profondo significato culturale: i tradizionalisti sono convinti che questi cani venerabili possano accedere al mondo degli spiriti, mentre pastori più moderni li vedono come un forte simbolo di orgoglio nazionale. Secondo Elfström, «tutti vogliono un bankhar». Se grazie al suo programma riuscirà a stabilire una relazione con i pastori, forse sarà possibile farli aderire anche ad altri sforzi di protezione ambientale.

Alti e bassi

Fino a oggi, Elfström e la sua squadra hanno allevato e distribuito ai pastori oltre 60 cuccioli di bankhar. Sebbene il programma sia appena iniziato, uno studio dettagliato del suo impatto è già in corso; Elfström sostiene di avere «solidi dati» che mostrano una riduzione del 90-95 per cento del numero di capi di bestiame uccisi dai predatori. Il programma ha attirato l'interesse di alcuni enti no profit, tra cui lo Snow Leopard Trust e la Wildlife Conservation Society (WCS). Secondo Onon Bayasgalan, un'ambientalista che lavora per la WCS in Mongolia, nel 2016 la sua organizzazione ha aiutato a inserire sei cani in tre famiglie residenti in un'area del deserto del Gobi funestata da predatori come lupi e rapaci. «Se presso queste famiglie di pastori l'iniziativa dei bankhar si dimostra un successo, prenderemo in considerazione l'idea di espandere il numero di famiglie che ricevono i cani. In futuro potremmo anche valutare di collaborare con il progetto dei bankhar

negli altri luoghi in cui operiamo», ha dichiarato Bayasgalan nel 2016. Quest'anno Elfström fornirà alla WCS tra 10 e 14 cani.

I conservazionisti sperano che, riducendo le perdite dei capi di bestiame, i cani possano essere di aiuto per sostenere altre loro ambizioni, per esempio il «cachemire sostenibile»; questa idea richiede che i nomadi si concentrino su greggi di dimensioni inferiori rispetto alle attuali, così da produrre lana di alta qualità da vendere a prezzi più alti. La distribuzione dei cuccioli agisce già come compenso informale per «pastori modello» come Otgonbayar, il cui bestiame pascola vicino a un'area protetta per il leopardo delle nevi. Lo stesso Elfström mira a istituire ulteriori incentivi che incoraggino i pastori ad astenersi dall'uccidere i predatori una volta che avrà dimostrato quanto efficaci possano essere i bankhar come deterrente.

Detto questo, l'imprenditore ha incontrato numerosi ostacoli. A maggio 2016 le leggi ambientali mongole lo hanno costretto a spostare il suo allevamento in un altro luogo, vicino all'Hustai National Park, nel nord della Mongolia, obbligandolo a ricominciare da capo. Il fidato furgone 4×4 che la squadra di Elfström usava per trasportare cani ed equipaggiamento ha bisogno di essere sostituito per colpa di un incidente. E sebbene i pastori desiderino i bankhar è faticosissimo trovarne di disposti a mettere in atto il protocollo di addestramento necessario perché i cuccioli diventino, una volta adulti, cani da protezione efficaci. Si richiede di tenere i cuccioli nel recinto insieme al bestiame dalle 6 fino alle 13 settimane di età, così che si leghino a capre e pecore nel modo in cui i cani da compagnia fanno con gli esseri umani; non è un regime complicato, ma ci vuole un pastore disposto a stare ad ascoltare.

L'impatto dei cani da custodia di greggi è già stato rivoluzionario in Africa, Australia, Europa e Stati Uniti

La collaborazione con lo Snow Leopard Trust, invece, è in fase di stallo. Qualche progresso è stato fatto, ma Gustaf Samelius, vicedirettore scientifico dello Snow Leopard Trust, dice di non star lavorando attivamente per sistemare i bankhar del programma di Elfström perché tutti i nomadi delle zone in cui l'organizzazione lavora hanno già dei cani. «Le poche persone con cui ho parlato sembrano tutte soddisfatte dei cani che hanno già», spiega.

Per Elfström questa affermazione è un'enorme fonte di frustrazione. Secondo lui i cani in questione sono randagi o frutto di incroci praticamente senza alcuna eccezione, e non sono stati allevati per formare legami con il bestiame. Costituiscono un deterrente nei confronti dei predatori soprattutto perché abbaiano quando un leopardo delle nevi si avvicina di notte al recinto; tuttavia non ci si può affidare a loro per custodire il gregge al pascolo, perché sono più legati alla famiglia umana che agli animali. È più probabile che seguano il pastore che torna alla sua iurta anziché tenere d'occhio i capi di bestiame.

Nonostante Samelius abbia dichiarato che nessuno vuole i bankhar, il gruppo di Elfström lavora autonomamente per sistemare i cuccioli con i nuclei familiari che vivono nelle zone in cui è attivo lo Snow Leopard Trust, anche se forse non si tratta proprio delle stesse famiglie che sostengono di essere soddisfatte dei cani che hanno già. Talvolta i pastori chiamano ugualmente bankhar i loro meticci non addestrati per senso di lealtà o per orgoglio, tuttavia quando i membri del programma offrono loro veri bankhar, adatti al lavoro di custodia, Elfström sostiene che «improvvisamente il loro cane diventa un meticcio, e vogliono il nostro».

«Tante persone, scienziati compresi, pensano ancora che "un cane valga l'altro", nonostante una valanga di articoli e dati che dimostrano si tratti di un errore», aggiunge Elfström. «I pastori sanno che i bankhar non sono semplici cani». Le ricerche hanno dimostrato che i cani da custodia di greggi hanno avuto un impatto rivoluzionario in Africa, Australia, Europa e negli Stati Uniti occidentali, dove razze come il cane da montagna dei Pirenei e il pastore dell'Anatolia hanno ridotto o eliminato del tutto le perdite di capi di bestiame dovute a ghepardi, coyote, dingo, volpi, orsi e lupi. Negli ultimi vent'anni in Namibia l'introduzione di circa 450 pastori dell'Anatolia ha quasi azzerato il numero di capi uccisi dai ghepardi; questo risultato ha aiutato a convincere gli agricoltori a smettere di massacrare 1000 grandi felini all'anno. In Mongolia, dove la protezione ambientale è ancora agli albori, secondo Elfström gli effetti potrebbero essere altrettanto rivoluzionari.

Una diminuzione delle uccisioni per rappresaglia è probabile, a patto che il programma di Elfström riesca ad allevare abbastanza cani e a convincere abbastanza nomadi a crescerli nel modo giusto. Altri programmi dedicati a cani da pastore che hanno avuto successo, come il Cheetah Outreach, in Sudafrica, hanno convinto gli agricoltori a firmare contratti in cui si impegnano a non uccidere predatori, e questo accordo ha portato a un netto declino delle ritorsioni. Un programma di vaccinazioni del bestiame condotto dallo Snow Leopard Trust in Pakistan dimostra che la riduzione delle perdite può incoraggiare gli agricoltori ad allevare meno animali; questo programma, in particolare, ha aiutato a ridurre le dimensioni delle greggi del 17 per cento.

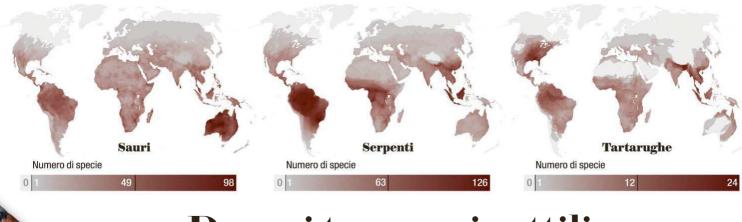
Tuttavia, anche se Elfström riuscirà a convincere le persone a limitare il numero di capi di bestiame, cambiare le abitudini di una manciata di pastori non sarà altro che una goccia nell'oceano, come lo stesso Elfström riconosce, a meno che il tutto non sia accompagnato da una valanga di altri interventi da parte di organizzazioni no profit e a contromisure politiche mirate a preservare la steppa mongola e i suoi abitanti. Fortunatamente molti programmi di questo tipo sono già in atto. SOR Cashmere, per esempio, lavora da Ulaanbaatar per diffondere il cachemire prodotto dal pelo di yak e di cammello, animali meno dannosi per l'ambiente rispetto alle capre. Wildlife Conservation Society, dal canto suo, sta lavorando insieme ai pastori, alle aziende minerarie e ad altri *stakeholder* (ovvero soggetti portatori di interessi) per finanziare progetti di mitigazione ambientale e promuovere una produzione di cachemire sostenibile anche dal pelo delle capre.

«Vogliamo pastori che si muovono di più, con greggi più diversificate. Vogliamo anche che non abbiano un numero eccessivo di animali per contrastare il fatto che ne perderanno molti», dichiara Elfström. «Tutto questo però richiede che lavoriamo insieme ad altre organizzazioni non governative. Non possiamo fare tutto da soli.» ■

PER APPROFONDIRE

Dogs and Herders: Mythical Kinship, Spiritual Analogy and Sociality in Rural Mongolia, Bamana G., in «Sino-Platonic Papers», n. 245, Mair V.H. (*a cura*), University of Pennsylvania, marzo 2014.

Il sito web del Mongolian Bankhar Dog Project: **www.bankhar.org.**

Dal lupo al cane. Morell V., in «Le Scienze» n. 565, settembre 2015.

Dove si trovano i rettili

Lucertole, serpenti e tartarughe sono concentrati in aree poco protette

Il numero di specie di mammiferi e di uccelli varia da luogo a luogo, eppure questi gruppi di vertebrati vivono nella maggior parte del mondo. Ma questo non vale per i rettili: una ricerca ha mostrato che sono concentrati in aree ben precise (*hotspot*) e sono assenti nel resto della Terra (*mappa blu*). Questa dispersione disomogenea (*mappa marrone*) è stata una sorpresa. Gli scienziati avevano elaborato una mappa della distribuzione quasi omogenea di altri tetrapodi, vertebrati che discendono dalle prime creature a quattro zampe. Queste popolazioni sono numerose in regioni estese e diminuiscono gradualmente in molte direzioni. Gli esperti avevano ipotizzato che i rettili seguissero un andamento simile, stabilendo quindi misure poco efficaci per la loro conservazione. Ora che gli scienziati sanno dove si trovano le 10.000 specie di rettili nel mondo, dice Shai Meiri dell'Università di Tel Aviv, coautore dello studio, possono capire meglio come e dove intervenire.

Mark Fischietti

Tutti i tetrapodi Numero di specie 0 1 250 500 750 1000 1286

Hotspot: Australia occidentale
«Alle lucertole l'Australia piace moltissimo», dice il ricercatore Shai Meiri. I rettili possono prosperare in regioni inaspettate, incluse praterie e savane, ed essere presenti in percentuale più elevata rispetto ad altre specie

Hotspot: Savana tropicale brasiliana
Le misure attuali per la conservazione in aree ricche di specie potrebbero dover essere cambiate in modo da proteggere efficacemente anche i rettili

Hotspot: Medio Oriente
Nei deserti e nelle regioni semiaride spesso la protezione delle specie è assente perché si presume che ospitino poca vita animale, ma in quelle zone i rettili possono imporsi

Rapporto più alto con specie non rettili

Top 25 per cento

Top 5 per cento

Fonte: *The Global Distribution of Tetrapods Reveals a Need for Targeted Reptile Conservation*, di Uri Roll e altri, in «Nature Ecology & Evolution», Vol. 1, novembre 2017

di Paolo Attivissimo
Giornalista informatico e studioso
della disinformazione nei media

Più scienza per tutti

La verifica diretta di risultati ed esperimenti scientifici oggi è alla portata di tutti

Il cinquantenario del primo sbarco sulla Luna del 1969 si avvicina e le teorie dei negazionisti rifioriscono, alimentate anche dalla stampa sensazionalista. Ma stavolta c'è una differenza: in questa e altre tesi di cospirazione in campo scientifico, oggi un privato cittadino ha possibilità senza precedenti di effettuare esperimenti e verifiche personali e togliersi i dubbi. Strumenti e dati che prima sarebbero stati accessibili solo nei laboratori o agli addetti ai lavori, e a caro prezzo, oggi sono a disposizione di chiunque con poca fatica grazie all'informatica e all'elettronica digitale.

Per esempio, molti sostenitori della falsità delle missioni lunari, come David Percy e James Collier, dicono che un esame del portello del veicolo spaziale usato per gli allunaggi rivela che era troppo piccolo per farvi passare gli astronauti con la loro ingombrante tuta spaziale e quindi dimostra la messinscena. Dato che gli esemplari rimanenti di questo storico veicolo sono esposti nei musei e non sono accessibili per misurarli, l'esame era semplicemente un rilievo a vista.

Ma di recente un semplice appassionato si è costruito uno scanner LIDAR portatile, usando componenti commerciali a basso costo, l'ha portato nei musei dove sono esposti i veicoli e le tute lunari e li ha sottoposti a scansione senza toccarli. Così ha creato un modello 3D che gli ha permesso di misurare con precisione le dimensioni dei componenti e verificare che il portello non era affatto troppo piccolo. Con lo stesso scanner oggi chiunque può portarsi a casa virtualmente una copia tridimensionale degli oggetti esposti nei musei per studiarli in dettaglio.

Anche un altro complotto celebre, quello dell'11 settembre, è stato indagato con questi strumenti scientifici a basso costo e di facile uso: la tesi che davanti al Pentagono ci fosse una collinetta che avrebbe impedito all'aereo di linea dirottato di colpire la facciata dell'edificio è stata smontata andando sul posto con un semplice orologio dotato di GPS, tenuto acceso durante una delle visite intorno e dentro il Pentagono offerte ai civili. I dati raccolti hanno permesso di ricostruire l'altimetria della zona e dimostrare che la presunta collinetta in realtà non c'è.

Lasciando da parte i complotti pseudoscientifici, un esempio magnifico di *citizen science* è arrivato di recente dall'astrofilo argentino Victor Buso, che per primo ha fotografato gli istanti iniziali di una supernova nella galassia NGC 613, distante circa 78 milioni anni luce da noi, usando il proprio telescopio amatoriale, meritandosi un articolo su «Nature». La scoperta è stata resa possibile dalla disponibilità a buon mercato di sensori fotografici digitali e di memorie di massa, perché è emersa notando la comparsa di un punto luminoso anomalo a un certo punto di una sequenza di immagini digitali scattate per caso.

Oggi è possibile usare per ricerche scientifiche amatoriali anche i sensori presenti negli *smartphone*: accelerometri, sensori d'illuminazione, magnetometri, barometri. C'è anche un'applicazione gratuita, Science Journal di Google, che permette di registrare i segnali di questi sensori e caricarli in un foglio di calcolo per l'analisi approfondita: ideale per esperimenti scolastici e per insegnare i concetti di base della scienza. Agli smartphone si possono anche collegare microscopi, telecamere a infrarossi per i rilievi termici, e altri dispositivi. Alcuni modelli di telefonino, e soprattutto alcune videocamere dedicate, possono anche effettuare riprese al rallentatore che permettono di osservare meglio i fenomeni ultrarapidi, rivelando dettagli incredibili. Abbiamo letteralmente la scienza in tasca: approfittiamone.

La ricerca in tasca. Lo sviluppo di applicazioni e sensori di ogni tipo permette di usare gli smartphone per ricerche scientifiche amatoriali, anche a scopo didattico.

PeopleImages/iStock

di Beatrice Mautino
Biotecnologa, giornalista e comunicatrice scientifica. Tra i suoi libri più recenti, l'e-book *Stamina. Una storia sbagliata* (2014) e *Contro natura*, con Dario Bressanini (Rizzoli, 2015)

Un ingrediente sotto inchiesta

Applicato il principio di precauzione all'uso dell'ossido di zinco nelle creme solari

Il 24 febbraio scorso è entrato in vigore il regolamento 2017/1413 che vieta l'uso dell'ossido di zinco nelle «applicazioni che possano comportare un'esposizione dei polmoni dell'utilizzatore finale per inalazione». Le aziende avranno tempo fino al 24 maggio per esaurire le scorte e poi, da lì in avanti, sarà vietato del tutto.

La storia dell'ossido di zinco ci permette di raccontare l'intricato processo che porta all'autorizzazione o al divieto dell'utilizzo di un ingrediente cosmetico. Il protagonista principale è l'SCCS, il Consiglio scientifico per la sicurezza dei consumatori, un ente composto da una quindicina di scienziati di diversi paesi dell'Unione Europea e da esperti dei vari aspetti rilevanti per la sicurezza dei cosmetici. Il suo ruolo è fornire consigli e pareri relativi ai rischi per la salute pubblica e la sicurezza dei consumatori di cosmetici e prodotti per la pulizia della casa o di loro singoli ingredienti, ma anche di oggetti come i giocattoli, trattamenti come i tatuaggi o dispositivi come i lettini solari.

Una quindicina di anni fa, le aziende produttrici avevano chiesto l'autorizzazione a inserire l'ossido di zinco, che era già utilizzato come colorante, nell'elenco dei filtri solari. I filtri solari e i coloranti, assieme ai conservanti, sono le categorie messe sotto osservazione costante dalla Commissione Europea e gli ingredienti che ne fanno parte sono elencati negli allegati IV (coloranti), V (conservanti) e VI (filtri solari) del Regolamento europeo 1223/2009 in cui sono indicate cose come la dose massima di utilizzo o le limitazioni all'applicazione. Se un ingrediente non compare in quelle liste, non può essere utilizzato come tale.

Gli esperti dell'SCCS hanno rivisto tutti gli studi scientifici relativi a questa sostanza e ne hanno fatto una prima valutazione. In questa fase, l'ingrediente è valutato nella sua complessità, analizzando trial clinici, esperimenti *in vitro*, esperimenti *in vivo* su animali, effettuati quando ancora era possibile eseguirli, o dati provenienti da test su animali effettuati in altri settori.

Ma la domanda fondamentale che ci si deve porre quando si è di fronte a una sostanza che ha dimostrato di essere potenzialmente pericolosa è se lo sia davvero alle «condizioni normali d'uso». Come si userebbe? Quanto se ne userebbe? Qual è la quantità minima che fa scatenare gli effetti dannosi sull'organismo? E, di conseguenza, qual è la quantità massima che possiamo tollerare?

Gli esperti dell'SCCS hanno quindi valutato le dosi di utilizzo, le hanno confrontate con quelle minime che hanno provocato problemi e, nel 2003, hanno espresso un parere ufficiale: se l'uso dell'ossido di zinco come colorante era considerato sicuro, la mancanza di dati solidi sulla sua sicurezza alle condizioni d'uso delle creme solari non permetteva di esprimere un parere positivo. Di fronte all'incertezza, la Commissione Europea si riserva di applicare il principio di precauzione mettendo «in panchina» l'ingrediente fino a quando non dovessero emergere nuovi dati per una rivalutazione.

Per l'ossido di zinco ci sono voluti dieci anni prima che la situazione si sbloccasse. Nel 2012, l'SCCS, alla luce delle ricerche effettuate nel frattempo, ha emesso un nuovo parere, questa volta positivo, ma con grosse limitazioni. Nel frattempo, infatti, erano emersi dubbi sui possibili effetti dannosi di questo ingrediente sui polmoni. «Poiché l'esposizione a particelle di ossido di zinco provoca un'infiammazione ai polmoni – scrivono gli esperti dell'SCCS nelle conclusioni al loro rapporto – l'uso di questo ingrediente nei prodotti che possono essere inalati desta preoccupazione». E di fronte alla preoccupazione, si applica nuovamente il principio di precauzione, autorizzando l'ossido di zinco come ingrediente delle creme solari e confermandolo come colorante, ma limitandone l'applicazione a quei prodotti che non possono essere inalati.

Secondo gli esperti della Commissione Europea, l'ossido di zinco deve essere usato solo nei prodotti che non possono essere inalati perché può essere dannoso per i polmoni.

paultarasenko/iStock

di Dario Bressanini
chimico, divulgatore interessato all'esplorazione scientifica del cibo.
Autore di *Pane e Bugie*, *OGM tra leggende e realtà* e *Le bugie nel carrello*.

Attenzione al botulino

Come difendersi da una tossina batterica che può trovarsi in conserve casalinghe

La mattina del 30 agosto 1996, in un paese della provincia di Caserta, due fratelli di 15 e 12 anni invitano a pranzo un loro amico e mangiano un tiramisù che hanno preparato con mascarpone confezionato. La sera stessa l'amico e il fratello più piccolo cominciano a soffrire di nausea e vomito e sono subito portati al Policlinico di Napoli, dove arrivano in coma. La mattina successiva anche il fratello maggiore mostra gli stessi sintomi ed è ricoverato all'ospedale Santobono di Napoli. Per tutti e tre la stessa diagnosi, confermata poi dalle analisi di laboratorio: intossicazione da botulino. Viene somministrato immediatamente il siero antibotulino ma purtroppo il quindicenne morirà dopo 37 giorni di ospedale.

Il botulismo è una malattia piuttosto rara ma molto pericolosa, a volte mortale, causata da una tossina prodotta da un batterio, *Clostridium botulinum*. La tossina è tra le sostanze più tossiche conosciute: se ingerita, un grammo può uccidere 14.000 persone. Agisce bloccando il rilascio dei neurotrasmettitori nei muscoli causando una paralisi. Il botulino è diffuso nel suolo, nelle acque e nella vegetazione. È in grado di vivere e moltiplicarsi in assenza di ossigeno e, se il pH è maggiore di 4,6, può produrre la tossina. Per sopravvivere alle condizioni ambientali avverse il batterio può produrre spore che possono sopravvivere anche per lunghi periodi, fino a quando non incontrano le condizioni adatte per la germinazione del batterio.

Tra agosto e settembre di quel 1996, otto persone in Campania e Calabria furono colpite da botulismo, tutte avevano consumato tiramisù preparato con il mascarpone della stessa azienda. Le analisi di alcune confezioni di mascarpone ancora invendute in vari negozi confermarono la presenza delle spore. Probabilmente una rottura della catena del freddo aveva permesso la germinazione e successiva produzione della pericolosa tossina. Questa viene distrutta se scaldata per dieci minuti a temperature superiori a 80 °C, ma il tiramisù è un dessert che non viene cotto.

L'incidenza di botulismo alimentare in Italia è tra le più alte d'Europa. Dal 1986 al 2015 nel nostro paese ci sono stati 466 casi confermati di botulismo di cui 421 dovuti a cibo contaminato, con 16 casi mortali. Nell'80 per cento dei casi le intossicazioni erano associate al consumo di conserve casalinghe, specialmente di origine vegetale, con la maggior parte dei casi localizzati in aree rurali del centro e sud Italia, in particolare in Lazio, Campania, Puglia, Calabria e Sicilia, regioni dove è più viva la tradizione di preparare conserve casalinghe. In cima alla lista dei colpevoli delle intossicazioni ci sono vegetali sottolio o in salamoia, soprattutto funghi, olive e cime di rapa. In Italia le intossicazioni da salumi o salsicce sono piuttosto rare mentre è più frequente l'intossicazione da tonno sottolio casalingo. Negli ultimi dieci anni sono aumentati i casi di botulismo anche in Nord Italia, specialmente in Emilia-Romagna, Lombardia e Piemonte, e nel 90 per cento dei casi riguardavano studenti universitari fuori sede che avevano consumato conserve preparate dalla famiglia.

Aggiungere aceto. Uno degli errori più frequenti nella preparazione di conserve sott'olio è un'acidificazione, ottenuta per esempio aggiungendo aceto, che non è sufficiente.

vkuslandia/iStock

L'errore di preparazione più frequentemente commesso per le conserve sott'olio è un'acidificazione insufficiente, mentre per i vegetali in salamoia l'errore più comune è usare poco sale, che dovrebbe essere almeno il dieci per cento della soluzione. Data l'enorme varietà di prodotti, dai funghi sott'olio alle confetture, dalla salsa di pomodoro alle olive in salamoia, non è possibile illustrare qui come preparare e conservare i vari tipi di conserve in modo che siano sicure, ma il Centro nazionale di riferimento per il botulismo, presso il Ministero della Salute, ha pubblicato un opuscolo, disponibile a www.iss.it/binary/cnrb/cont/LineeGuidaConserve_light.pdf, che dovrebbe essere consultato da chiunque si voglia cimentare in qualunque tipo di conserva casalinga.

di Rodolfo Clerico, Piero Fabbri e Francesca Ortenzio

Coniglipolli da giardino

Situazione non inusuale, ma che non mancava mai di riempire di gioia Doc. Un brillante matematico accigliato che tirava nervosi sbuffi dalla pipa e una gatta che osservava curiosa e attenta il susseguirsi di simboli matematici su un quaderno.

«Buondì, Capo! Alle prese con il tuo usuale problema gattesco?», dice Doc, rallegrato dalla mattinata primaverile. «Di che cosa si tratta, questa volta? Gaetanagnesi, eleva formale protesta: un problema non rappresentabile da un congruo numero di crocchette non ha ragione di esistere.»

«Smettila di fare il buffone: ti conviene darmi una mano, questo problema va risolto prima che arrivi Alice.»

«Non avendo alcun dubbio sulle tue capacità matematiche (e neanche sulle mie, sia detto per inciso, ma nell'altro senso), credo ti lascerò generosamente sia l'onore che l'onere. Cos'è, hai paura che ti prenda in giro per un problema che lei risolverebbe in due minuti mentre tu ti ci stai scornando sopra da ore?»

«No, ho paura che la trovi un'ottima idea per la gestione dinamica del giardino, con noi due nella parte del motore di calcolo che manteniamo il sistema coerente con le premesse...»

L'eloquio del dottor D'Alembert appare talvolta oscuro a coloro che non lo conoscono a fondo, ma Piotr lo conosce benissimo, dopo anni di coabitazione. E la tragedia prefigurata dalla frase apparentemente tecnica gli salta subito agli occhi: «Ossia, zappiamo, vanghiamo e sarchiamo in giardino tutta l'estate per soddisfare una qualche oscura equazione con possibile valenza estetico-geometrica? Capo, ingoia immediatamente gli appunti. E anche il Landau-Lifschitz, come digestivo e per essere sicuro di tenerli giù.»

«Coniglipolli.»

«Bella risposta, laconica e chiarificatrice. Vuoi digerirli inghiottendo la poesia di Pagliarani? Quella bistrattata da quasi tutte le antologie della letteratura italiana?»

«Deduco anche la tua avesse la nota "...e sorprendentemente, arriva al risultato corretto".»

«Già. Quel "sorprendentemente" mi ha sempre fatto dubitare delle capacità critiche degli antologisti. Forse potrei capire un "inusualmente", perfino un "inaspettatamente" o addirittura "ironicamente", però tutta questa sorpresa mi è sempre sembrata davvero eccessiva.»

«Non essere severo, Doc. Non è mestiere dei curatori di antologie letterarie frequentare più di una canonica strada risolutiva, e in fondo Pagliarani aveva proprio l'intenzione di sorprendere il lettore. Ero molto giovane, quando la lessi per la prima volta, e non ho mai dimenticato le condizioni iniziali: era subito evidente che polli e conigli erano in numero diverso...»

«Diamine, le ricordo anche io: 18 teste e 56 zampe. A parità di numero tra le due specie sarebbero 54 zampe, mentre sono 56, per fortuna: sennò avremmo forse avuto il conigliopollo, ma ci saremmo persi il coniglio spollato.»

Rudy ridacchia divertito: «Già... l'unione di coniglio e pollo, pagliaranamente chiamata "conigliopollo" ha due teste e sei zampe. Per tenere conto dell'eventuale resto serve però il "coniglio spollato", ovvero coniglio meno pollo, con zero teste e due zampe. Quando finalmente compresi che, fuor di metafora, il poeta stava semplicemente operando con le variabili "$x + y$" (conigliopollo) e "$x - y$" (coniglio spollato) anziché con le usuali x e y, sono rimasto estasiato. Avevo 12 anni, e aver ottenuto nove coniglipolli e un coniglio spollato mi ha dato molta più soddisfazione di arrivare tradizionalmente a dieci conigli e otto polli.»

Illustrazione di Stefano Fabbri

«Oh, io ero più vecchio, quando l'ho incontrata per la prima volta... ricordo che più del calcolo mi aveva colpito quel verso finale, "*ridono le ragazze, ondeggiano sopra tacchi di sughero*"; cosa che dimostra che fossi già preda di ormoni adolescenziali. Ma cosa c'entrano i coniglipolli con il tuo problema?»

«No, era solo una strana sequenza di immagini: dal "coniglio

La soluzione del problema esposto in queste pagine sarà pubblicata in forma breve sul numero di maggio e in forma estesa sul nostro sito: www.lescienze.it. Potete mandare le vostre risposte all'indirizzo e-mail: rudi@lescienze.it.

Dalla contaminazione tra matematica e poesia nasce un problema ambientato in un giardino con animali bizzarri

IL PROBLEMA DI MARZO

Il mese scorso si proponeva un gioco in cui due giocatori, partendo da un numero intero abbastanza grande, possono scegliere tra due diverse operazioni in funzione della parità del numero: se il numero è pari si può «sottrarre 1» o «dividere per 2»; se invece il numero è dispari, la scelta è tra «sottrarre 1» o «sottrarre 1 e dividere per 2». Il numero risultante è passato all'avversario che lo tratta secondo le medesime regole. Vince che riesce a «dire zero». Fermo restando che «dire zero» è espressione lasciata volutamente un po' ambigua (del resto, questa rivista esce nominalmente il 1° aprile), quella che segue è la strategia per «lasciare zero» all'avversario dopo aver compiuto la propria mossa.
Elemento cruciale per la strategia vincente è il numero di «fattori 2» che si trovano nel numero iniziale: per esempio 100 (= 2 x 2 x 5 x 5) ha due «fattori 2». Si vede infatti che se il numero iniziale è dispari o ha un numeri pari di fattori 2, la vittoria è del primo giocatore; viceversa, se il numero dei fattori 2 è dispari, la vittoria è del secondo giocatore.
Per $N = 1$ l'affermazione è ovvia: ipotizziamo per induzione che sia vera per tutti gli interi e si consideri il caso generale $N = k + 1$.
$k+1$ è dispari: la prima possa lo trasformerà in k o in $k/2$. O k o $k/2$ avrà un numero di fattori 2 dispari, quindi il primo giocatore può arrivare a questo valore. Per il ciclo induttivo ipotizzato questo numero «lasciato» all'avversario è perdente, quindi il primo giocatore vince.
$k+1$ è pari con un numero pari di fattori 2: al primo giocatore basta arrivare a $(k+1)/2$, che ha un numero dispari di fattori 2, rientrando nel ciclo induttivo. $k+1$ è pari con un numero dispari di fattori 2: se il primo giocatore arriva al valore k, che è un numero dispari, consegna al secondo giocatore un numero vincente; ma anche se il primo giocatore arriva al valore $(k+1)/2$ (che ha un numero pari di fattori 2) consegnerà un numero vincente al secondo giocatore.

spollato" sono passato alla "assenza di pollo", da qui a figurarmi un piano infinito tassellato di gabbie quadrate...»

«Con un conigliopollo in ognuna di esse?»

«No, con un coniglio spollato. Ossia, secondo le nostre premesse, prive di polli. Insomma, vuote.»

«Niente da dire, bel giro di idee per immaginarti un infinito foglio di carta a quadretti. E adesso?»

«Adesso nella gabbia centrale mettiamo un conigliopollo. Questo inizia a riprodursi con i conigli spollati e coniglipolli delle gabbie ortogonalmente vicine, generando un numero di figli per ogni gabbia pari al numero di componenti nelle gabbie limitrofe.»

Sospiro. Sguardo perplesso tra Doc e Gaetanagnesi. E via con un altro sospiro.

«GC, nessuno più di me apprezza le contaminazioni tra poesia e matematica, lo sai. Ma stavolta, tanto per cambiare, non potremmo tornare a i cari vecchi numeri interi? Foglio bianco, mettiamo un "1" in una casella; al giro dopo, avrò "1" nei quadretti ortogonali vicini e... nel quadretto iniziale? Resta 1?»

«No, affatto, torna a zero. Effetto della riproduzione dei conigli spollati.»

«Effetto della...? Oh, sia quel che sia, d'accordo: quindi, alla seconda mossa abbiamo solo quattro "1" disposti a croce. Al prossimo giro, ogni cella viene sostituita dalla somma delle quattro limitrofe ortogonali. E sia. E allora? Che cosa ti angustia? »

«Dici così perché non hai provato ad andare avanti per un po', né pensato che cosa vorrà fare Alice. Immagina il nostro giardino suddiviso in un irragionevole numero di aiuole quadrate, e noi due impegnati a simulare la riproduzione delle violette con cadenza giornaliera... Dopo N giorni, quante violette avremo comprato, visto che non ti ci vedo, nel ruolo dell'ape impollinatrice? E quel giorno, quante violette dovremo piantare o trapiantare nell'aiuola centrale? E che caratteristica hanno, i numeri diversi da zero che compaiono nel giorno N nelle varie aiuole? Vuoi, oltre a scavare, piantare e trapiantare tutti i giorni, risolvere anche questi problemi?»

Piotr impallidisce oltre la soglia del bianco assoluto: «Ma sei matto? Perché mai proporre una cosa del genere ad Alice? Lascia che ci proponga il solito arzigogolato, ma statico, disegno geometrico! Suderemo come cavalli, ma una volta sola!».

Il rumore della porta che si apre tacita subito Piotr.

«Treccia, bentornata!» saluta Rudy, più pronto a riprendersi; «Sai che Doc e io stavamo ricordando i tempi andati, quando abbiamo letto per la prima volta *La Merce Esclusa* dove Elio Pagliarani introduce i coniglipolli e...»

«Pagliarani, conigli, polli o non polli possono aspettare. Ho trovato una meravigliosa decorazione per il giardino, basata su *Life* di Conway. Ne apprezzerete di sicuro l'eleganza teorica, e non vedrete l'ora di metterla in pratica... Avete l'aria pallida, che cosa c'è, non vi sentite bene?»

Lo stato dell'arte della fisica

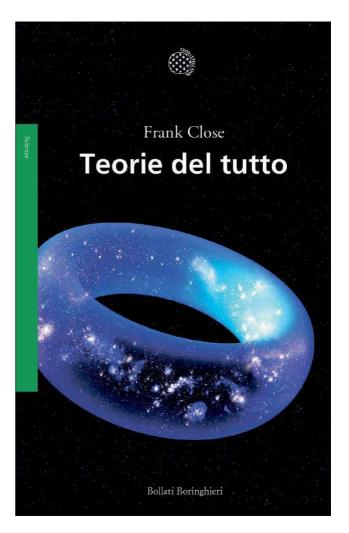
Teorie del tutto
di Frank Close
Bollati Boringhieri, Torino, 2018, pp. 144 (euro 19,00)

Nel film del 2014 *La teoria del tutto*, che racconta la vita di Stephen Hawking, scomparso il 14 marzo scorso, a un certo punto c'è una scena in cui il cosmologo britannico, ormai raggiunta la celebrità grazie al successo del suo libro *Dal big bang ai buchi neri* (1988), dialoga con la gremitissima platea di un auditorium. «Nel 1979 lei ha parlato della possibilità che una teoria del tutto venisse scoperta prima della fine del secolo», lo sollecita un ragazzo. La telecamera indugia sullo sguardo sornione di Hawking, che poi se ne esce con un fulminante «ora predico che mi ero sbagliato».

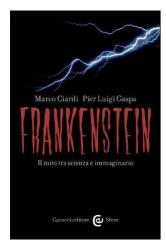
Hawking poteva vantare precedenti illustri. Come quello di Lord Kelvin, che nel 1900 pronunciò un discorso passato alla storia come una sorta di annuncio trionfante della fine della fisica. In realtà il grande fisico e ingegnere britannico aveva esordito dicendo: «La limpida bellezza della teoria dinamica, secondo cui il calore e la luce sono modalità del moto, è al momento oscurata da due nubi». Quelle due nubi nei decenni successivi avrebbero preso la forma della relatività e della meccanica quantistica, e avrebbero sgretolato il mondo della fisica classica che Lord Kelvin aveva voluto celebrare.

Secondo Frank Close, autore di fortunati saggi – *Nulla*, *Antimateria*, *Neutrino* e il recente *Vita divisa*, biografia di Bruno Pontecorvo – oggi ci troviamo in una situazione analoga a quella contemplata da Lord Kelvin a fine Ottocento. Una teoria del tutto, secondo Close, è «una teoria che si basa sugli studi in ogni campo rilevante del sapere attuale – fisica, astronomia, matematica – per cercare di spiegare tutto ciò che sappiamo a oggi dell'universo». Insomma, dovrebbe essere in grado di descrivere la natura a qualsiasi livello di distanza, tempo ed energia. Ma finora siamo riusciti a formulare teorie che descrivono fenomeni naturali all'interno di un livello di energia specifico, «mettendo in quarantena» quello che non rientrava in quell'intervallo. Nei secoli siamo riusciti ad ampliare e approfondire questo sguardo, anche grazie a un'evoluzione teorica e tecnologica strabiliante, come nel caso delle energie che siamo arrivati a raggiungere con il Large Hadron Collider del CERN.

Close conduce con sapienza il lettore lungo i percorsi della fisica, dall'universo di Newton e Laplace, all'opera di unificazione dell'elettromagnetismo compiuta da Maxwell, alla termodinamica e alla scoperta della freccia del tempo, fino ai due pilastri della fisica novecentesca che si sono rivelati straordinariamente precisi nello spiegare come vanno le cose nel mondo subatomico e nell'oceano sterminato di galassie che popolano l'universo in espansione. Teoria quantistica dei campi e relatività generale però non sembrano affatto intenzionate a sposarsi felicemente in una visione armoniosa di tutto quello che esiste.

Nel libro, breve ma capace di dare una visione completa dello stato dell'arte della fisica all'inizio del XXI secolo, si passano in rassegna le teorie che si sono candidate a fornire un quadro unitario dell'universo, superstringhe e gravità quantistica a loop, e le questioni che danno filo da torcere a fisici e cosmologi: natura dei buchi neri, costante cosmologica ed energia oscura, e la nuova fisica subatomica di cui scorgiamo le prime luci dopo la scoperta del bosone di Higgs. Per Close un indizio da seguire per sperare di fondare una teoria del tutto è nelle fluttuazioni nella radiazione cosmica di fondo rilevate in anni recenti, che sarebbero una sorta di codice a barre della natura, come lo furono gli spettri atomici alla fine dell'Ottocento che poi permetteranno di scoprire la struttura dell'atomo.

Leggendo la concisa ma minuziosa analisi di Close, sembra legittimo sospettare che una teoria del tutto continuerà a sfuggirci ancora per lungo tempo, magari regalandoci di tanto in tanto l'illusione di averla finalmente conquistata. «Sono commosso e preso da un'estasi inesprimibile davanti allo spettacolo divino dell'armonia celeste», scrisse Johannes Kepler, convinto di aver trovato la spiegazione per la struttura del sistema solare basata sui cinque poliedri regolari. Non aveva previsto di essersi sbagliato.

Marco Motta

Scienza e fantascienza della Creatura di Mary Shelley

Frankenstein
di Marco Ciardi, Pier Luigi Gaspa
Carocci, Roma, 2018,
pp. 200 (euro 18,00)

Un mito di recente invenzione, ma dalle radici antiche. Il dottor Frankenstein ha dato vita alla Creatura – il «mostro» fatto di parti di cadaveri e reso vivo dall'elettricità – ma come nel romanzo stesso, la Creatura ha iniziato a muoversi di vita propria. A metà tra storia della scienza e dei mezzi di comunicazione, questo libro ripercorre il romanzo originale, nelle due edizioni del 1818 e del 1831, e da lì tira i fili di una fitta trama che si espande in tutte le direzioni. Attraverso l'analisi dettagliata della biografia di Mary Wollstonecraft Shelley e delle citazioni del romanzo, gli autori compongono un grande mosaico di fonti letterarie e scientifiche: dall'alchimia di Cornelio Agrippa al *Paradiso perduto* di Milton, dalla rivoluzione della chimica moderna di Lavoisier e Davy ai poemi di Samuel T. Coleridge.

Centrale è naturalmente la grande scoperta dell'elettricità animale: gli esperimenti di Galvani sulle rane morte avevano prodotto un simulacro di resurrezione. Il dottor Frankenstein è egli stesso simulacro di scienziato, chiuso in un laboratorio a inventare in solitudine, senza collaborazioni né circolazione di informazioni. Pratica una sorta di magia, ma con l'uso degli ultimi ritrovati medico-scientifici. Ed è proprio per questo che Frankenstein è diventato simbolo delle possibili degenerazioni della scienza, largamente ripreso nella cultura pop di film e fumetti analizzati nella seconda parte di questo divertente libro. Rivisitazioni, *sequel*, o racconti semplicemente ispirati a Frankenstein sono recensiti con puntualità e senza pedanteria: per raccontare la (fanta)scienza e mostrare il lato più umano della Creatura: il desiderio di conoscenza.

Mauro Capocci

Dal big bang alla ricerca di ET senza troppi fronzoli

Astrofisica per chi va di fretta
di Neil deGrasse Tyson
Raffaello Cortina, Milano, 2018,
pp. 144 (euro 14,00)

Neil deGrasse Tyson, astrofisico direttore dell'Hayden Planetarium di New York, è noto al grande pubblico come conduttore della serie di documentari televisivi intitolata *Cosmos: Odissea nello spazio*, ideale prosecuzione della serie con lo stesso titolo condotta negli anni ottanta da Carl Sagan, di cui Tyson è stato allievo. Come Sagan, Tyson unisce la grande competenza sul tema a notevoli capacità divulgative, che lo rendono uno degli autori di scienza più apprezzati nel mondo anglosassone. Queste stesse doti le troviamo nella sua ultima fatica, prontamente tradotta in italiano a differenza di altre sue opere.

Il libro è completamente descritto dal titolo: un compendio delle attuali conoscenze di astrofisica e cosmologia, spiegate con lo stile asciutto ed efficace della buona letteratura divulgativa. Senza troppi fronzoli e giri di parole, Tyson va dritto ai concetti chiave, li introduce e li spiega, rendendo ogni capitolo del libro – che spazia dal big bang alla ricerca della vita nell'universo, passando anche dalla tavola periodica degli elementi – una sorta di «bignamino» di quell'argomento, quasi autoconsistente, come se si potesse leggere indipendente dalle pagine che lo precedono e che lo seguono. Non mancano riferimenti storici o filosofici, nello stile di Tyson, ma sono sempre funzionali alla spiegazione dei concetti fisici. Attenzione, però: la lettura del testo, per quanto l'autore si sforzi di chiarire ogni passaggio, richiede attenzione e concentrazione. Perché se è vero che si può leggere in fretta, è anche vero che una lettura più «meditata» permette di arrivare alla fine – e al capitolo conclusivo sul rapporto fra l'essere umano e il cosmo – non solo più ricchi di conoscenza, ma anche più curiosi di saperne di più.

Emiliano Ricci

Il nostro passato e il futuro che ci aspetta

Se pensiamo al mondo di qualche decina di anni fa, sembra che siano passati secoli. Niente smartphone, niente social network, nessuna traccia di pianeti esterni al sistema solare, conoscenze sul nostro patrimonio genetico risibili rispetto a quelle attuali, niente immunoterapia, che oggi dà risultati promettenti per tumori che in passato lasciavano poche speranze, e si potrebbe continuare a lungo.

A ben vedere, però, le conquiste degli ultimi tempi non sono una peculiarità del momento che viviamo, ma fanno parte di un percorso della nostra specie e di quelle nostre parenti che ci hanno preceduto nel lontano passato della Terra. Proprio questo percorso è il tema della settima edizione della Festa di scienza e di filosofia-Virtute e Canoscenza, che si tiene a Foligno dal 26 al 29 aprile, declinato nel titolo: *L'avventura dell'uomo: da quale passato, verso quale futuro*. Scienziati, filosofi, personalità della cultura e giornalisti, terranno conferenze per il pubblico su temi che riguardano neuroscienze, medicina di precisione, cambiamento climatico, migrazioni, rischi naturali e conquista dello spazio. Per tutte le informazioni: http://www.festascienzafilosofia.it. (*cb*)

clodio/iStock (*Foligno*)

La scienza in tribunale
di Luca Simonetti
Fandango Editore, Roma, 2018
pp. 240 (euro 17,50)

Quel rapporto complicato tra comunità scientifica e diritto

Abbiamo avuto la Procura che si è espressa a favore dei metodi di coltivazione tradizionali, della bellezza dei paesaggi, e delle malattie delle piante («come se fosse SlowFood oppure Legambiente, anziché una Procura della Repubblica»). Abbiamo avuto i giudici che hanno deciso come si curano tumori, malattie genetiche e neurodegenerative. E abbiamo avuto sentenze in cui si rimproverava agli scienziati di non aver fatto quello che la scienza non può fare, come lanciare un «allarme terremoto», pur ammettendo nelle stesse pagine che i terremoti non si prevedono.

Perché «quando il diritto ha a che fare con la scienza, i risultati tendono a essere cattivi a un livello addirittura spettacolare»? Se lo chiede Luca Simonetti, avvocato e scrittore, in un libro in cui ripercorre una sfilza di imbarazzanti vicende nazionali: dall'«esempio di scuola del ciarlatanismo contemporaneo», cioè il caso Di Bella scoppiato nel 1997, fino al recente processo dell'Aquila, «ovvero un horror all'italiana».

Non si aspetti, il lettore, di trovare una risposta più precisa del diplomatico «una maggiore cultura scientifica da parte dei giudici avrebbe assai giovato». Intanto però si possono ripercorrere (e capire!) i passaggi chiave di alcuni errori giudiziari, suddivisi in due fattispecie. Quelli nati dalla pretesa della magistratura di imporre la propria visione del «diritto alla salute» e di farsi arbitro dell'opportunità di certe presunte cure mediche anche nei casi in cui la comunità medica «ufficiale» gridi che sono presunte sì, ma da un truffatore. E quelli in cui si sono imputate agli scienziati responsabilità inesistenti, come l'insorgenza di autismo nelle sentenze sui vaccini, o la diffusione volontaria di una malattia degli olivi. Dietro a entrambe, c'è l'incapacità di capire la scienza, e la volontà di risolvere i problemi con due figure tipiche di ogni nostra storia: il capro espiatorio da punire e il taumaturgo che sistema tutto con un miracolo. Ma il libro fa le pulci anche al legislatore, che dovendo avere a che fare con i concetti complessi della scienza ha prodotto capolavori di contorsione come la legge sugli OGM, oggetti che nemmeno lui stesso sembra saper definire con precisione e quindi, nel dubbio, li vieta.

Simonetti scrive per un pubblico di non esperti e, pagina dopo pagina, dimostra che il problema esiste ed è serio. Intanto, porta il lettore a riflettere su quello che chiediamo alla scienza (troppo), e su quello che la scienza davvero ci dà (tanto) a patto però che la rispettiamo.

Silvia Bencivelli

Il giro del mondo in sei milioni di anni
di Guido Barbujani, Andrea Brunelli
il Mulino, Bologna, 2018,
pp. 194 (euro 15,00)

Viaggi e avventure della nostra specie e dei nostri antenati

«Ho imparato sulle balene molto più di quello che volevo sapere». Così un divulgatore riferiva il commento della figlia a un libro che le aveva regalato. Il maggior pregio del libro di Barbujani, professore di genetica all'Università di Ferrara, e Brunelli, dottorando in biologia evoluzionistica ed ecologia alla stessa università, è proprio questo: non racconta più di quello che vorrebbe sapere un lettore non particolarmente ferrato in paleoantropologia e in genetica umana, ma curioso di capire le tappe fondamentali della nostra storia evolutiva; o anche chi abbia già dimestichezza con la materia e voglia rinfrescarsi le idee e aggiornarsi sulle tante novità degli ultimi tempi. Ma neanche, altrettanto importante, racconta meno del necessario.

Il libro condensa in meno di 200 pagine i sei milioni di anni di viaggi e avventure della nostra specie e degli ominini che l'hanno preceduta, illuminati dai fossili e dagli studi del DNA, specialità degli autori. Ma pur in un breve spazio e in tono leggero e piacevole, racconta con chiarezza quel che sappiamo senza sacrificare la complessità di quanto è avvenuto e le difficoltà nel ricostruirlo, le problematicità delle conclusioni raggiunte e i tanti aspetti che ancora ci sfuggono. «Certe volte Esumim dice una cosa e cinque minuti dopo il contrario, ma quando glielo fai notare al massimo alza le spalle e risponde che i dati fossili sono un gran pasticcio e che nessuno ci capisce niente». Esumim è l'immaginario testimone che guida il lettore, e a sentir lui avrebbe partecipato a tutte le migrazioni dell'umanità. Un po' borbottone e riluttante ai cambiamenti (che bisogno c'era di scendere dagli alberi dove «si stava alla grande»), un po' affascinato dalle novità e desideroso di provarle anche lui. E la sua confusione rispecchia bene la sensazione che quanto più ne sappiamo tanto più il quadro si fa confuso, e meno possiamo condensarlo in pochi concetti legati da un filo conduttore rassicurante come la vecchia idea della «scala evolutiva».

Come ha preso forma l'idea dell'evoluzione? Come abbiamo fatto il primo passo della lunga marcia, quello dagli alberi a terra? Che rapporto c'è fra stazione eretta e sviluppo del cervello, alimentazione o monogamia? Quando abbiamo iniziato ad avventurarci fuori dall'Africa? Che rapporti abbiamo avuto con le altre specie umane? E come ci siamo diffusi, adattati, rimescolati prima e dopo essere rimasti soli, nel nostro eterno destino di migranti? Il libro risponde senza tecnicismi a queste e tante altre domande, spaziando tra fossili e lingue, germi e, soprattutto, DNA «per ricostruire una diaspora mai conclusa, espressione del nostro ancestrale nomadismo».

Giovanni Sabato

Scenari marziani

Una mostra a Milano ripercorre la storia della ricerca scientifica che ha riguardato Marte e indica le prospettive future dell'esplorazione del Pianeta Rosso

Philip K. Dick, Kurt Vonnegut, Brian Aldiss, senza dimenticare Ray Bradbury: sono moltissimi gli scrittori di fantascienza che si sono confrontati con il mito del Pianeta Rosso, contribuendo a renderlo parte integrante dell'immaginario collettivo insieme ai moltissimi film e ai riferimenti musicali, come quello celeberrimo di David Bowie *Life on Mars?* Una mostra su Marte oggi non significa più, quindi, stupire con l'esotico, ma mettere il visitatore di fronte a una vecchia conoscenza e indicargli quali scenari si aprono per il prossimo futuro. A cominciare da ciò che troverà due metri sotto la superficie la trivella messa a punto dall'azienda italiana Leonardo che, con la missione ExoMars 2020, cercherà tracce attuali o passate di vita al riparo dalle radiazioni cosmiche.

Sempre da ExoMars, un programma dell'Agenzia spaziale europea (ESA) e di quella russa (Roscosmos) che si occupa di studiare il Pianeta Rosso, proviene anche il modello della sonda ExoMars Trace Gas Orbiter, che affianca quello del Mars Express dell'ESA e quello di uno dei *rover* che la NASA ha progettato per lo sbarco previsto tra due anni. Per giungere fino a qui, però, è utile ripercorre la storia della ricerca marziana, a cominciare da mappe, disegni e portati scientifici di Giovanni Schiaparelli tra la fine del XIX secolo e gli inizi del XX secolo, tra cui la famosa ipotesi dell'esistenza di canali sulla superficie del pianeta che tanto hanno influenzato il dibattito scientifico, e non solo, sulla presenza di vita. La storia è proseguita con le prime immagini delle sonde Viking, i più recenti rover Curiosity e Opportunity e la sonda Mars Reconnaissance Orbiter, tutti della NASA: tra i più avanzati successi tecnologici, che hanno raccolto dati fondamentali su geologia e atmosfera marziane.

Molto rimane ancora da esplorare; a fare la differenza in termini di immaginario è la prospettiva di una missione umana, un'ipotesi di cui si è molto parlato negli ultimi anni, pur tra tutte le difficoltà (non ultima quella economica). Un visione di come potrebbe essere questo futuro la fornisce la video-installazione ispirata alle immagini della serie televisiva *MARS* firmata dal regista Ron Howard che rispetto alle migliori previsioni sposta però l'orizzonte temporale della colonizzazione al 2033.

Marco Boscolo

In mostra. In alto, riproduzione di uno dei rover per l'esplorazione della superficie marziana; qui sopra, locandine di film sullo spazio e su Marte; accanto, appunti di Schiaparelli.

Cortesia Paolo Soave/Museo della scienza e della tecnologia «Leonardo da Vinci» *(tutte le foto, 3)*

Dove & quando:

Marte. Incontri ravvicinati con il Pianeta Rosso
Museo nazionale della scienza e della tecnologia «Leonardo da Vinci»
Via San Vittore 21, Milano - fino al 3 giugno
Per informazioni: www.museoscienza.org

Gli strumenti della procreazione

di Karen Weintraub

Un anno e mezzo fa un gruppo di ricercatori giapponesi è riuscito a ottenere otto topolini in perfetta salute fecondando ovociti ricavati riprogrammando cellule staminali dell'epidermide. Si apre così, almeno nelle speranze degli scienziati, la concreta possibilità di usare cellule adulte per sostituire spermatozoi e ovociti, risolvendo così problemi di infertilità negli esseri umani.

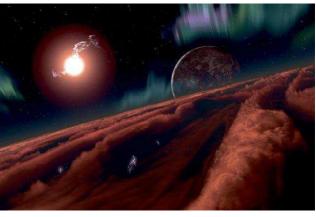
L'eredità di Richard Feynman

di Peppe Liberti

A cento anni dalla nascita del grande scienziato statunitense, insignito nel 1965 del premio Nobel per la fisica per i suoi studi sull'elettrodinamica quantistica, una panoramica dell'influenza che ha avuto, e continua ad avere, il suo lavoro sulla scienza di base e su quella applicata di oggi.

Ombre di altri mondi

di Joshua N. Winn

Due nuovi telescopi spaziali, uno della NASA e l'altro dell'Agenzia spaziale europea (ESA) partiranno entro quest'anno per affiancare la missione Kepler nella ricerca di nuovi pianeti extrasolari, e in particolare per la caccia a pianeti di tipo terrestre, che abbiano un'atmosfera ed eventualmente possano ospitare forme di vita.

LE SCIENZE S.p.A.

Sede legale: Via Cristoforo Colombo 90, 00147 ROMA.

Redazione: tel. 06 49823181
Via Cristoforo Colombo 90, 00147 Roma
e-mail: redazione@lescienze.it
www.lescienze.it

Direttore responsabile
Marco Cattaneo

Redazione
Claudia Di Giorgio (*caporedattore*), Giovanna Salvini (*caposervizio grafico*), Andrea Mattone (*grafico*), Cinzia Sgheri, Giovanni Spataro

Collaborazione redazionale
Folco Claudi, Gianbruno Guerrerio
Segreteria di redazione: Andrea Lignani Marchesani
Progetto grafico: Giovanna Salvini

Referente per la pubblicità
A. Manzoni & C. S.p.A.
agente Daria Orsi (tel. 02 57494475, 345 4415852)
e-mail dorsi@manzoni.it

Pubblicità:
A. Manzoni & C. S.p.A.
Via Nervesa 21, 20139, Milano, telefono: (02) 574941

Stampa
Puntoweb, Via Variante di Cancelliera, snc, 00040 Ariccia (RM).

Consiglio di amministrazione
Corrado Corradi (presidente), Michael Keith Florek (vice presidente), Gabriele Acquistapace, Markus Bossle, Stefano Mignanego

Responsabile del trattamento dati (D. lgs. 30 giugno 2003 n.196):
Marco Cattaneo

Registrazione del Tribunale di Milano n. 48/70 del 5 febbraio 1970.

Rivista mensile, pubblicata da Le Scienze S.p.A.
Printed in Italy - marzo 2018

ISSN 2499-0590

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor in Chief and Senior Vice President
Mariette DiChristina

President
Dean Sanderson

Executive Vice President
Michael Florek

Hanno collaborato a questo numero
Per le traduzioni: Silvia Baldi: *Acque agitate*; Francesca Bernardis: *Omissis;* Elisa Dalgo: *Sconfiggere il diabete*; Silvio Ferraresi: *Gli smartphone stanno distruggendo il cervello degli adolescenti?;* Eva Filoramo: *I cani da pastore della steppa mongola:* Daniele Gewurz: *L'origine dei primi buchi neri «mostro»*; Alfredo Tutino: *Il tribalismo e l'idea di verità.*

ABBONAMENTI E ARRETRATI
GEDI Distribuzione S.p.A.
Casella Postale 10055 - 20111 Milano
Abbonamenti: abbonamentiscienze@somedia.it
Arretrati e prodotti opzionali: lescienzevendite@somedia.it
Ufficio abbonamenti e Servizio Grandi clienti
Tel. 0864.256266
Fax 02 26681991

Italia	
abb. annuale	€ 39,00
abb. biennale	€ 75,00
abb. triennale	€ 99,00
copia arretrata	€ 9,00
Estero	
abb. annuale Europa	€ 52,00
abb annuale Resto del Mondo	€ 79,00

Accertamento diffusione stampa certificato n. 8467 del 21/12/2017

Cortesia Katsuhiko Hayashi (*ovociti*); Ron Miller (*esopianeta*)